

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE MONTES



PROYECTO FIN DE CARRERA

**PLANIFICACIÓN RURAL SOSTENIBLE EN EL DISTRITO
DE COIXTLAHUACA, OAXACA
MÉXICO**

Autor: MARÍA JESÚS SERRA VARELA

Director: MARÍA PAZ ARAMBURU MAQUA

Codirector: FIDENCIO SUSTAITA RIVERA

Madrid, 2010

Título del P.F.C.:

**PLANIFICACIÓN RURAL SOSTENIBLE EN EL DISTRITO DE
COIXTLAHUACA, OAXACA, MÉXICO.**

Autor

VºBº del Director

Fdo. María Jesús Serra

Fdo. Mª Paz Aramburu Maqua

Junio, 2010

**“©UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID, AÑO 2010,
TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS”**

Título del P.F.C.:

PLANIFICACIÓN RURAL SOSTENIBLE EN EL DISTRITO DE
COIXTLAHUACA, OAXACA, MÉXICO.

Autor: M^a Jesús Serra Varela

Director: M^a Paz Aramburu Maqua

Codirector: Fidencio Sustaita Rivera

Tribunal:

PRESIDENTE

VOCAL

SECRETARIO

Fdo.

Fdo.

Fdo

CALIFICACIÓN:

Fecha: Madrid,

OBSERVACIONES:

Título del P.F.C.:

PLANIFICACIÓN RURAL SOSTENIBLE EN EL DISTRITO DE COIXTLAHUACA, OAXACA, MÉXICO.

Autor: M^a Jesús Serra Varela

Director: M^a Paz Aramburu Maqua

Departamento: Planificación Rural y Proyectos

Codirector: Fidencio Sustaita Rivera

RESUMEN

A lo largo del presente proyecto se determina una asignación de usos óptima para los suelos del distrito de Coixtlahuaca, Oaxaca, México maximizando el aprovechamiento de sus recursos naturales sin comprometer su perdurabilidad para generaciones futuras.

Dicha asignación de usos, está fundamentada en la evaluación de tierras y en los intereses y necesidades de la población local.

La clasificación del suelo se ha realizado mediante un análisis desarrollado según dos modelos diferentes: el modelo ALES y el modelo USDA con el objetivo de determinar la aptitud de los diferentes terrenos para el cultivo de maíz, de trigo o, en el caso de las tierras que no se vayan a dedicar a fines agrícolas, para establecer su vocación pastoral o de conservación.

Para lograr unos resultados realistas a partir de los modelos aplicados, ha sido necesaria una etapa de recopilación, elaboración y análisis de la información, durante la cual a partir de teledetección, trabajo de campo, análisis de laboratorio y entrevistas se ha conseguido la información social y del medio físico requerida.

EXTRACT

This project determines the best assignment for the different soils in Coixtlahuaca, Oaxaca, México while it guarantees that the natural resources are being used ideally without compromising them for future generations.

Soil assignment is based on analysis made through two different earth-evaluation models and through the interests and needs of local population.

The models used to evaluate earth possibilities were ALES and USDA. The final target is to determine the aptitude of the different areas to cultivate maize, wheat or, in case that the areas are not suitable for agricultural ends, to determine their pasture or conservational vocation.

In order to obtain realist results from the models applied, it has been necessary to develop a previous stage of recompilation and elaboration of information for which the methods used where teledetection, fieldwork, laboratory analysis and interviews.

AGRADECIMIENTOS

Hay tantas personas a las que tengo que agradecer que este proyecto haya llegado a buen término que no sé por dónde empezar.

En primer gracias a la Universidad Politécnica de Madrid por haberme dado la posibilidad de vivir esta experiencia inolvidable. Gracias también a la Universidad Tecnológica de la Mixteca, por haberme acogido y apoyado en todo momento y con todas sus posibilidades.

Gracias a Alfredo Blanco, por haberme interesado con tanta ilusión en los proyectos de las universidades mexicanas que conforman la S.U.N.E.O y en particular en los del Instituto de Hidrología de la U.T.M.

Gracias a Paz Aramburu por leerse mis testamentos en la distancia y por esas innumerables primeras horas del día... a última hora.

Gracias a Fidencio Sustaita Rivera, porque su apoyo ha llegado más allá del de un simple tutor de proyecto, porque ha sido un amigo y porque ha hecho posible lo imposible.

Gracias a Corina Cisneros, por sus horas de laboratorio y en general a todas las personas del Instituto de Hidrología de la U.T.M. por su cariño y apoyo.

Por supuesto, gracias a Carlos, María y Helen, los mosqueteros mexicanos por el día a día, por las experiencias compartidas, por los consejos...

Gracias a todos los compañeros de montes porque han hecho estos años en la carrera maravillosos e inolvidables, en especial a *Pachuezus*=). Gracias a mis amigas Bea, Mer y Lara por estar ahí siempre y animarme con el proyecto.

Por último, gracias a mi madre por su entrega absoluta, a mi padre por ponerme los pies en la tierra y centrarme en la vida real (que de siete a cero hay un paso), a la bubilla, por esa sonrisa que tiene siempre en la cara, a Juanca por recordarme que en una hora no se decide un proyecto y a Edu...por todo.



ÍNDICE

ANTECEDENTES	17
1 INTRODUCCIÓN	20
1.1 Objetivos.....	22
1.1.1 Objetivo general	22
1.1.2 Objetivos específicos.....	23
1.2 Actores y beneficiarios del proyecto	24
1.2.1 Actores	24
1.2.2 Beneficiarios.....	24
1.3 Esquema general.....	25
1.3.1 Descripción del medio	25
1.3.2 Elaboración de información	26
1.3.3 Modelos de usos potenciales	26
1.3.4 Establecimiento de directrices de planificación y seguimiento	26
2 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	28
2.1 Situación geográfica	28
2.2 Medio físico.....	30
2.2.1 Clima	31
2.2.2 Geología, geomorfología y suelo.....	39
2.2.3 Vegetación y usos del suelo.....	46
2.2.4 Red hidrográfica	50
2.2.5 Fauna	51
2.3 Estructura territorial	51
2.3.1 Marco legal.....	51



2.3.1.1	Distritos de Desarrollo Rural, DDR	52
2.3.1.2	Unidades de Manejo Forestal, UMAFOR	54
2.3.2	Organización territorial	57
2.3.2.1	Tipos de propiedad.....	57
2.3.2.2	Sistema electoral.....	60
2.3.2.3	Distrito de Coixtlahuaca - datos por municipio	61
2.3.3	Marco político e institucional	64
2.3.3.1	Programas de ayuda gubernamentales.....	64
	SAGARPA	64
	SEMARNAT - CONAFOR	69
	SEMARNAT – CONANP	74
	Secretaría de la Reforma Agraria (SRA)	78
2.3.3.2	Programas de ayuda No gubernamentales	78
	Fundación AYU	78
2.3.4	Infraestructura y comunicaciones	79
3	ELABORACIÓN DE INFORMACIÓN	83
3.1	Introducción	83
3.2	Proceso de elaboración del Mapa de suelos	83
3.2.1	Reconocimiento de imágenes	84
3.2.2	Trabajo de campo	94
3.2.3	Resultados de los análisis y clasificación de los suelos	97
3.2.4	Resultados de los análisis y caracterización de los tipos de suelos	106
3.2.5	Mapa de suelos elaborado a partir de la información obtenida	117
3.3	Proceso de elaboración del Mapa de vegetación y usos del suelo.....	120
3.3.1	Selección de los tipos de uso del suelo	121
3.3.2	Delimitación de los polígonos	123
3.3.3	Enriquecimiento del mapa obtenido	124



3.3.4	Mapa de vegetación y usos del suelo elaborado a partir de la información obtenida.....	126
3.4	Informe de valoración social, entrevistas	128
3.4.1	Planteamiento de las entrevistas.....	128
3.4.2	Elaboración de las respuestas	130
3.4.3	Conclusiones de las entrevistas	138
4	MODELOS DE EVALUACIÓN DE TIERRAS.....	140
4.1	Introducción	140
4.2	Descripción del modelo ALES	142
4.3	Aplicación el modelo USDA.....	145
4.4	Creación del modelo ALES, (prueba1ª).....	149
4.4.1	Determinación de los Tipos de Utilización de la Tierra (TUTs).....	149
4.4.2	Creación de la Lista de Referencia	151
4.4.3	Creación de los Tipos de Utilización de la Tierra (TUTs)	165
4.4.4	Creación de la base de datos: Unidades cartográficas	173
4.5	Aplicación del modelo ales, 1ª Prueba.....	176
4.5.1	Análisis de los resultados	180
4.6	Creación y aplicación del Modelo ALES, 2ª prueba.....	182
4.6.1	Análisis de los resultados	191
4.7	Comparación del modelo ALES y del modelo USDA.....	193
5	PROPUESTAS DE ACTUACIÓN PARA EL DISTRITO DE COIXTLAHUACA	199
5.1	Uso forestal.....	200
5.2	Uso agrícola.....	206
5.2.1	Sistemas agroforestales	210
5.3	Uso “Matorral-Pastizal”	216
5.4	Zonas erosionadas	222



5.4.1 Tecnología fotovoltaica.....	225
5.5 Otros usos propuestos.....	236
5.6 Resumen de las Propuestas de usos y actuaciones	236
5.6.1 Presupuesto y cronograma	238
6 CONSIDERACIONES FINALES	241
BIBLIOGRAFÍA	247
ANEXOS	249
ANEXO I:.....	250
Programa de “prevención y control de la desertificación y abastecimiento de agua a comunidades de la región mixteca”	250
ANEXO II:.....	255
Programas gubernamentales de apoyo al desarrollo rural y a la conservación y recuperación de sistemas	255
SAGARPA	256
ANEXO III:.....	262
A. Fichas de campo de las muestras de suelo.....	262
ANEXO III:.....	273
B. Procedimiento de análisis de las muestras del suelo	273
Procedimiento de Análisis de las muestras del suelo	274
ANEXO IV:	290
Entrevistas	290
ANEXO V:	321
Clave del modelo usada.....	321
ANEXO VI:	323



Unidades cartográficas homogéneas.....	323
A. MODELO ALES, 1ª PRUEBA.....	323
ANEXO VI:	333
Unidades cartográficas homogéneas.....	333
B.MODELO ALES, 2ª PRUEBA	333
ANEXO VII:	339
Estudio preliminar del potencial de producción de energía fotovoltaica dedicando la superficie de las zonas erosionadas	339



LISTA DE TABLAS

CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

Tabla 2. 1: Datos demográficos de San Juan Bautista Coixtlahuaca	62
Tabla 2. 2: Datos demográficos de los municipios del Distrito de Coixtlahuaca	63

CAPÍTULO 3: ELABORACIÓN DE INFORMACIÓN

Tabla 3. 1: Relación de muestras que se han determinado dentro del GSR “Leptosol”	101
Tabla 3. 2: Relación de muestras que se han determinado dentro del GSR Fluvisol	103
Tabla 3. 3: Relación de muestras que se han determinado dentro del GSR “Luvisol”	105
Tabla 3. 4: Clasificación del GSR del resto de muestras.....	106
Tabla 3. 5: Características de los suelos clasificados como Leptosol réndzico	112
Tabla 3. 6: Características de los suelos caracterizados como <i>Leptosol réndzico</i> y <i>Leptosol lítico réndzico</i>	113
Tabla 3. 7: Características de los suelos clasificados como Leptosol lítico réndzico y Leptosol réndzico – suelos no modificados.....	114
Tabla 3. 8: Características de suelos clasificados como Leptosoles líticos	114
Tabla 3. 9: Características de suelos clasificados como Fluvisoles	114
Tabla 3. 10: Características de los suelos clasificados como Luvisol	115
Tabla 3. 11: Características de los suelos clasificados como Cambisol léptico	115
Tabla 3. 12: Características de los suelos clasificados como Regosol léptico.....	116
Tabla 3. 13: Caracterización final de los suelos registrados	116

CAPÍTULO 4: MODELOS DE EVALUACIÓN DE TIERRAS

Tabla 4. 1: Relación de superficies para cada clase de aptitud física, modelo ALES, 1ª prueba	180
Tabla 4. 2: Relación de superficies para cada clase de aptitud física, modelo ALES, 1ª prueba	191
Tabla 4. 3: Comparación entre ALES y USDA	194



CAPÍTULO 5: PROPUESTAS DE ACTUACIÓN PARA EL DISTRITO DE COIXTLAHUACA

Tabla 5. 1: Superficie y distribución porcentual de los distintos usos del suelo en el distrito de Coixtlahuaca	199
Tabla 5. 2: Distribución de la superficie forestal según las diferentes formaciones	201
Tabla 5. 3: Distribución propuesta para el uso forestal.....	203
Tabla 5. 4: Distribución del uso agrícola actual por clases de aptitud	206
Tabla 5. 5: Distribución de las clases de aptitud "Apta" y "Muy apta" según los usos actuales.....	207
Tabla 5. 6: Distribución porcentual de la propuesta de "Uso agrícola".....	209
Tabla 5. 7: Distribución porcentual de la propuesta para el uso "Matorral-Pastizal"	218
Tabla 5. 8: Distribución porcentual de la propuesta para zonas erosionadas	224
Tabla 5. 9: Distribución de los usos del suelo en la propuesta de asignación final.....	238
Tabla 5. 10: Presupuesto orientativo	242
Tabla 5. 11: Bloque 1 de actuaciones.....	242
Tabla 5. 12: Bloque 2 de actuaciones.....	243
Tabla 5. 13: Bloque de tres de actuaciones.....	243
Tabla 5. 14: Evolución de las superficies de cada uso a lo largo de una década	244

ANEXOS

Tabla AN- 1: Peso de la muestra recogida, peso destinado a agregados y peso que destinado a continuar el proceso de preparación	281
Tabla AN- 2: Resultados de pH y conductividad y sus interpretaciones	283
Tabla AN- 3: Resultados de análisis de materia orgánica y su interpretación	287
Tabla AN- 4: Resultados de textura y su interpretación	291
Tabla AN- 5: Datos del análisis "Estructura de agregados".....	293
Tabla AN- 6: Cálculo del Diámetro Medio Ponderado para la muestra 1	294
Tabla AN- 7: DMP	294
Tabla AN- 8: Unidades cartográficas homogéneas, modelo ALES, 1ª prueba	337
Tabla AN- 9: Unidades cartográficas homogéneas, modelo ALES, 2ª prueba	343
Tabla AN- 10: Insolación global media inclinación a latitud en México en KW/m2.Día.....	347



Lista de figuras

ANTECEDENTES

Fig A. 1: Aula de informática de la UTM	17
Fig A. 2: Entrada a la UTM en Huajuapán de León)	18

CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

Fig 2. 1: Mapa político de México	28
Fig 2. 2: Distrito de Coixtlahuaca y división en sus municipios	29
Fig 2. 3: Estado de Oaxaca – Región Mixteca – Distrito de Coixtlahuaca	30
Fig 2. 4: UMAFOR Mixteca Norte – Mapa de precipitación media anual	31
Fig 2. 5: UMAFOR Mixteca Norte - Mapa de temperatura media anual.....	33
Fig 2. 6: UMAFOR Mixteca Norte - Mapa de climas.....	34
Fig 2. 7: Mapa de precipitación media anual	37
Fig 2. 8: Mapa de temperatura media anual	38
Fig 2. 9: Mapa de formaciones geológicas	39
Fig 2. 10: Caliche (primer plano); Afloramientos de material volcánico (segundo plano)	40
Fig 2. 11: Paisaje de Coixtlahuaca.....	41
Fig 2. 12: Mapa de pendientes 1	43
Fig 2. 13: Mapa de pendientes 2.....	44
Fig 2. 14: Suelos degradados o en proceso de degradación	45
Fig 2. 15: Palmeral con vegetación xerófila	46
Fig 2. 16: "Ágave sp."	47
Fig 2. 17: "Acacia pennatula"	47
Fig 2. 18: Reforestación de pino, Santiago Ihuitlán Plumas	48
Fig 2. 19. Mapa de vegetación y usos del suelo	49
Fig 2. 20: Cuencas y mapa hidrográfico	50
Fig 2. 21: UMAFORes del estado de Oaxaca.....	56
Fig 2. 22: Iglesia Dominica en restauración, San Juan Bautista Coixtlahuaca.....	60
Fig 2. 23: Coixtlahuaca - Áreas prioritarias Proárbol 2010	73
Fig 2. 24: Coixtlahuaca - Áreas prioritarias Proárbol 2010	73
Fig 2. 25: Reserva de la biosfera Tehuacán-Cuicatlán	75
Fig 2. 26: Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán	77
Fig 2. 27: Vivienda en Santa Catarina Ocotlán, agencia de San Juan Bautista Coixtlahuaca...	80
Fig 2. 28: Tienda, San Antonio Abad, agencia de Santiago Ihuitlán Plumas	80
Fig 2. 29: Red viaria	81



Fig 2. 30: Camino sin asfaltar en San Miguel Tulancingo.....	81
--	----

CAPÍTULO 3: ELABORACIÓN DE INFORMACIÓN

Fig 3. 1: Imagen del SPOT 2008.....	85
Fig 3. 2: Contraste de la información facilitada por la imagen del SPOT y la del Google Earth	87
Fig 3. 3: Cárcavas en San Juan Bautista Coixtlahuaca.....	88
Fig 3. 4: Contraste de la información facilitada por la imagen del SPOT y la del Google Earth	90
Fig 3. 5: Línea divisoria entre <i>Leptosol réndzico</i> y <i>Leptosol lítico</i>	91
Fig 3. 6: Contraste de la información facilitada por la imagen del SPOT y la del Google Earth	92
Fig 3. 7: <i>Luvisoles</i> , Santa Catarina Ocotlán.....	93
Fig 3. 8: Mapa ilustrativo del trabajo de campo sobre imagen del SPOT 2008.....	95
Fig 3. 9: Imagen del SPOT, RGB San Antonio Abad, agencia de Santiago Ihuitlán Plumas - Punto dudoso	96
Fig 3. 10: Mapa de suelos del distrito de Coixtlahuaca	119
Fig 3. 11: San Cristóbal Suchixtlahuaca, reforestación, matorral espinoso y pasto.....	122
Fig 3. 12: Mapa de vegetación y usos del suelo	127
Fig 3. 13: Relación de preguntas hechas durante las entrevistas	129
Fig 3. 14: Pastor tras la realización de una entrevista en San Juan Bautista Coixtlahuaca.....	130
Fig 3. 15: Conductor de la UTM acompañante de Santiago Ihuitlán Plumas	132

CAPÍTULO 4: MODELOS DE EVALUACIÓN DE TIERRAS

Fig 4. 1: Modelo USDA; mapa de usos potenciales	148
Fig 4. 2: Pantalla de bienvenida al modelo ALES	149
Fig 4. 3: Menú del programa ALES con las distintas opciones de "Listas de Referencia"	152
Fig 4. 4: Definición de una nueva CaT: materia orgánica.....	152
Fig 4. 5: Menú del ALES para crear el árbol de decisión de un RUT	156
Fig 4. 6: Árbol de decisión del RUT "Disponibilidad de humedad"	157
Fig 4. 7: Árbol de decisión para el RUT "Condiciones de enraizamiento"	158
Fig 4. 8: Árbol de decisión para el RUT "Riesgo de erosión"	160
Fig 4. 9: Árbol de decisión del RUT "Clima".....	161
Fig 4. 10: Árbol de decisión del RUT "Fertilidad"	163
Fig 4. 11: Árbol de decisión del RUT "Posibilidad de mecanización"	164
Fig 4. 12: Lista de RUTs con su correspondiente código y nombre tras ser creados	165
Fig 4. 13: Definición de los TUTs a evaluar	166
Fig 4. 14: Menú para ingresar el árbol de decisión del TUT "Agrícola para maíz"	166
Fig 4. 15: Árbol de decisión para el TUT "Agrícola para maíz"	171



Fig 4. 16: Árbol de decisión para el RUT "Agrícola para trigo"	172
Fig 4. 17: Introducción de las unidades cartográficas.....	173

CAPÍTULO 5: PROPUESTAS DE PLANIFICACIÓN PARA EL DISTRITO DE COIXTLAHUACA

Fig 5. 1: Propuesta para el "Uso forestal"	205
Fig 5. 2: Comparación entre Uso del suelo actual y potencial para el caso de "Uso agrícola"	214
Fig 5. 3: Propuesta para el "Uso agrícola"	215
Fig 5. 4: Comparación entre el uso del suelo actual y potencial para el caso de "Uso Matorral-Pastizal"	220
Fig 5. 5: Propuesta para el "Uso Matorral-Pastizal"	221
Fig 5. 6: Desmonde en cerro Atalaya. Cadrete.Zaragoza. Agosto 2008	227
Fig 5. 7: Cuadro esquemático de la energía solar fotovoltaica	229
Fig 5. 8: Sistema fotovoltaico con suministro a 40 viviendas, la escuela y la iglesia de la comunidad El Higueral, El Salvador	230
Fig 5. 9: Minicentral fotovoltaica aislada en Marruecos, con apoyo de Diesel	230
Fig 5. 10; Sistema de bombeo fotovoltaico, Malí, años 70 (izquierda) y Túnez 2005 (derecha)	231
Fig 5. 11: Sistema fotovoltaico de abastecimiento de agua.....	232
Fig 5. 12: Planta fotovoltaica en campo abierto de 20 MW en Beneixama, Comunidad Valenciana	233
Fig 5. 13: Propuesta para "Zonas erosionadas"	235
Fig 5. 14: Propuesta final de de asignación de usos del suelo.....	245

ANEXOS

Fig AN- 1: Localización de muestras 1 & 2	263
Fig AN- 2: Detalle de muestras 1 & 2.....	263
Fig AN- 3: Localización de muestras 3 & 4.....	264
Fig AN- 4: Detalle de muestras 3 & 4.....	264
Fig AN- 5: Localización muestra 5	265
Fig AN- 6: Detalle de muestra 5.....	265
Fig AN- 7: Localización muestra 6	266
Fig AN- 8: Detalle de muestra 6.....	266
Fig AN- 9: Localización muestra 7	267
Fig AN- 10: Perfil muestra 7	267
Fig AN- 11: Localización muestra 8	268
Fig AN- 13: Perfil del suelo, muestra 8	268
Fig AN- 13: Detalle de muestra 8.....	268



Fig AN- 14: Localización muestra 9	269
Fig AN- 15: Detalle muestra 9	269
Fig AN- 16: Localización muestra 10	270
Fig AN- 17: Detalle muestra 10	270
Fig AN- 18: Localización de muestras A & B	271
Fig AN- 19: Detalle de muestra A & B.....	271
Fig AN- 20: Localización de muestras C & D.....	272
Fig AN- 21: Detalle de muestra C & D	272
Fig AN- 22: Muestras molidas y sin moler tras el proceso de preparación	275
Fig AN- 23: Medidor de pH	277
Fig AN- 24: Muestras A-B-C durante la determinación de pH.....	278
Fig AN- 25: Preparación de muestras para la determinación de la materia orgánica	279
Fig AN- 26: Muestras 5-10 tamizadas a 0,5 mm y preparadas para ser pesadas	280
Fig AN- 27: Titulación del blanco	280
Fig AN- 28: Muestras secándose en la estufa	283
Fig AN- 29: Cilindros e hidrómetro de Bouyoucos durante la toma de la segunda lectura	284
Fig AN- 30: Agitador de tamices con torre de tamices acoplada.....	287
Fig AN- 31: Tamiz de 6,35 y muestra 3	288



GLOSARIO DE ACRÓNIMOS

ALES: Automated Land Evaluation System

CADER: Centro de Apoyo al Desarrollo Rural

CaT: Característica de la Tierra

CONAFOR: Comisión Nacional Forestal

CONANP: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas

BRMS: Base Referencial Mundial del recurso Suelo

DDR: Distrito de desarrollo Rural

DMP: Diámetro Medio Ponderado

ETSI: Escuela Técnica Superior de Ingenieros

EOCSDC: Evaluación de Obras de Conservación de Suelos en el Distrito de Coixtlahuaca y bases para actuaciones futuras

EPSRDC: Efecto sobre las propiedades del suelo de las reforestaciones realizadas en el distrito de Coixtlahuaca

ERF: Estudio Regional Forestal

FAPPA: Fondo de Apoyo a Proyectos Productivos en Núcleos Agrarios

GSR: Grupo Suelo de Referencia

IDM: Instituto para el Desarrollo de la Mixteca

INEGI: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática

LGDFS: Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable

PFC: Proyecto Fin de Carrera

PROCEDE: Programa de Certificación de Derechos Ejidales y Titulación de Solares

PROFAS: Programa de Ordenamiento y Fortalecimiento a la Autogestión Silvícola

PROMUSAG: Programa de la Mujer en el Sector Agrario

RUT: Requerimiento de Uso de la Tierra



SAGARPA: Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación

SEMARNAT: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

SRA: Secretaría de la Reforma Agraria

SUNEO: Sistema de Universidades Estatales de Oaxaca

TUT: Tipo de Utilización de la Tierra

UMAFOR: Unidad de Manejo Forestal

UNAM: Universidad Nacional Autónoma de México

USDA: Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso

UTM: Universidad Tecnológica de la Mixteca

ANTECEDENTES

La labor de un ingeniero de montes es, entre otras muchas, buscar la correcta utilización de los recursos naturales de manera que se aprovechen de forma óptima sin dañarlos para no comprometer su uso futuro.

Los países subdesarrollados o en vías de desarrollo, con economías aún primarias muy basadas en los recursos naturales y, donde en general, aún no se dispone de una correcta ordenación de los mismos, terminan por ejercer una fuerte presión sobre ellos degradándolos, muchas veces de manera irreversible. Fue esta visión la que llamó mi atención sobre la posibilidad de hacer un proyecto de cooperación viéndolo como la opción perfecta para aprender a utilizar los conocimientos adquiridos durante los seis años de carrera, a la vez que aportaba un granito de arena para solucionar este problema.

Una vez orientada hacia este tipo de proyectos, encontré varias iniciativas, opciones, entre las que Mozambique, Perú y México me parecieron más interesantes, teniendo en cuenta mi perfil. Investigando sobre la situación y expectativas de estos países, conocí el abanico de proyectos patrocinados por el Sistema de Universidades Estatales de Oaxaca – México, SUNEО.

En el complicado marco social mexicano, típicamente caracterizado por las fuertes desigualdades en el reparto de la riqueza, nace en 1990, la SUNEО. Este sistema, compuesto por once universidades distribuidas por todo el territorio oaxaqueño, se corresponde con el Modelo de Universidades para el Desarrollo. Esto implica que su ambición va más allá de formar profesionales buscando paralelamente el actuar como motor del desarrollo para las regiones donde se ubica. Tras veinticinco años en marcha, este proyecto estatal está teniendo resultados abrumadores, obteniendo en numerosas ocasiones los primeros puestos en los estudios comparativos realizados para diferentes universidades a nivel estatal, nacional e internacional.



Fig A. 1: Aula de informática de la UTM
(www.utm.mx)

La ubicación de los campus se elige según las zonas más desfavorecidas y la mayoría de los estudiantes que en ellos se forman son de razas indígenas.



Fig A. 2: Entrada a la UTM en Huajuapán de León
(www.utm.mx)

Dentro de este Sistema de Universidades, la UTM (Universidad Tecnológica de la Mixteca), situada en Huajuapán de León y el primer campus que se puso en marcha, ofrecía la posibilidad de desarrollar un proyecto, comprometiéndose a proporcionar el apoyo logístico y profesional que fuera necesario. El

proyecto dependía del Instituto de Hidrología, el cual, siempre con el objetivo principal de la lucha contra la desertificación y la contaminación de las aguas de la región Mixteca, desarrolla otros muchos proyectos, la mayoría a petición de los propios pobladores de la zona. Las características de lo que proponían eran de vital importancia ya que prácticamente garantizaban que el proyecto llegara a buen término.

Desde el punto de vista profesional la temática de la lucha contra la desertificación encaja perfectamente con los conocimientos que a lo largo de los años he ido adquiriendo en la E.T.S.I. de Montes, tanto para emplearlos como para ampliarlos. Por este motivo finalmente decidí insertarme para desarrollar este proyecto.

Al ir profundizando en los objetivos del proyecto, junto con otros compañeros de la escuela con inquietudes similares y que estaban también buscando un Proyecto Fin de Carrera (PFC) de características muy semejantes a las descritas, nos atrajo más la idea de poder tratar el problema de manera integral, teniendo en cuenta todos los recursos, deficiencias y necesidades del medio y la sociedad que en él habita. Esto implicaba un alcance demasiado ambicioso para un único PFC. Por ello, decidimos constituir un equipo con perfiles complementarios con la idea de que todos nosotros trabajáramos sobre el mismo área pero sobre aspectos diferentes de forma que la suma de los cuatro PFC diera una solución integral y viable a la misma:



ESTUDIO DE LOS RECURSOS NATURALES DE COIXTLAHUACA

- Pfc1 –Análisis espacial y temporal de los usos del suelo en el distrito de Coixtlahuaca, Oaxaca, México
Responsable: *Elena Herrero Rodríguez*
- Pfc2 – Evaluación de Obras de Conservación de Suelos en el Distrito de Coixtlahuaca y bases para actuaciones futuras
Responsable: *Carlos Jiménez Barrios*
- Pfc3 – Efecto sobre las propiedades del suelo de las reforestaciones realizadas en el distrito de Coixtlahuaca, Oaxaca, México.
Responsable: *María del Riego Ceña*
- Pfc4- Planificación rural sostenible en el distrito de Coixtlahuaca, Oaxaca, México.
Responsable: *María Jesús Serra Varela*



1 INTRODUCCIÓN

El presente proyecto responde a una serie de problemas y carencias presentes en el distrito de Coixtlahuaca, Oaxaca, México. Esta zona, caracterizada por altos índices de marginalidad y pobreza, tiene una economía basada en la agricultura y la ganadería de subsistencia. La necesidad a la que se ven sometidas las familias para sobrevivir, ha provocado una gran presión sobre los recursos naturales, causando la deforestación masiva y pérdidas paulatinas de productividad en los cultivos hasta que en la mayoría de las ocasiones se alcanzan límites críticos difícilmente recuperables.

Esto ha tenido repercusiones aún mayores, ya que la pérdida de propiedades del suelo, ha dado lugar a un descenso en el recargo de acuíferos y a una clara reducción del agua disponible en los manantiales. La única manera de poner fin a esta situación y mejorarla, es gestionando el territorio de forma que se satisfagan las necesidades actuales, restaurando las zonas que ya están degradadas y aprovechando de forma adecuada las que no lo están, es decir, llevando a cabo una planificación sostenible.

Para acometer esta labor, se clasificarán las tierras del distrito de Coixtlahuaca en distintos tipos agrológicos, en base a su capacidad para asumir diferentes actividades forestales, de ganadería o de agricultura. Una vez hecho esto y dependiendo de las circunstancias particulares de cada terreno, se propondrán prácticas adecuadas.

Así, se detectarán las zonas que requieren la implementación inmediata de obras de control de la erosión, diferenciándolas de aquellas degradadas pero recuperables a través de medidas de restauración que también se especificarán.

Por último, se establecerán las actividades a realizar en el resto de zonas, de forma que se aproveche al máximo el recurso sin comprometerlo.

Este proyecto no se podría realizar sin la colaboración de las comunidades, quienes conscientes de su problema, han pedido ayuda a la Universidad Tecnológica de la Mixteca (UTM). Los responsables de las comunidades serán los ejecutores finales del proyecto, además de una fuente de información necesaria a la hora de elaborarlo.

El proyecto se inserta en el Programa de Prevención y Control de la Desertificación y el Abastecimiento de Agua a Comunidades de la Región



Mixteca (ver Anexo I), del Instituto de Hidrología de la UTM, a su vez respaldado por la SUNEI, con gran interés en la recuperación y buen manejo de estas zonas, al tratarse del primer paso en el camino del desarrollo para estos lugares.

Dicho programa no trata de poner un parche a un problema aislado, sino que da soluciones sostenibles a largo plazo atacando las causas que provocan dichas carencias. Es decir, son un conjunto de proyectos orientados a restablecer las capacidades de los suelos, mejorar obras hidráulicas de conservación de suelos, evaluar espacial y temporalmente los usos del suelo, gestionarlos adecuadamente y encontrar las especies más adecuadas para realizar reforestaciones que propicien la infiltración de agua y fijen el terreno, todo ello orientado a la búsqueda del objetivo común de luchar contra la erosión y captar agua de lluvia para abastecer a las comunidades locales.

Las bases de este proyecto están en consonancia con el trabajo de la Comisión Nacional Forestal de México, posible fuente de financiación y, su continuidad queda avalada por numerosos convenios de colaboración entre los municipios que conforman el distrito de Coixtlahuaca y la UTM con vigencia entre 10 y 20 años.

La Región Mixteca es la región de México más afectada por la degradación de sus recursos naturales, debido a condiciones climáticas, topográficas y al mal manejo de dichos recursos. La degradación de tierras engloba diversos procesos que afectan a la integridad de los ecosistemas terrestres, comprometiendo sus funciones como hábitat para la biodiversidad, a la recarga de acuíferos, a la productividad de los cultivos y a la vulnerabilidad ante desastres naturales.

Las mujeres de la región se abastecen de agua potable en manantiales que cada vez son más escasos y menos accesibles, dada la disminución de su caudal y la cada vez mayor profundidad del manto freático.



1.1 OBJETIVOS

Previamente a la realización de este proyecto se propusieron una serie de objetivos que se exponen a continuación. Sin embargo, sobre el terreno, ocurrieron algunas irregularidades que, aunque no modificaron los objetivos iniciales, sí implicó que se ampliaran. Esto supuso una gran inversión en tiempo, por lo que la profundización en algunos de ellos es menor de la esperada *a priori*.

En primer lugar, una vez recopilada la cartografía referente al tipo de suelos en la zona y al uso actual de los mismos, fue comprobada en campo. En ambos casos, se observó que los polígonos delimitados por los mapas no se correspondían casi en ninguna ocasión con la realidad. Dado que la clave de un buen proyecto, está en una información de calidad, como primer objetivo se estableció la elaboración de una cartografía adecuada y fiable, adaptada a las necesidades del proyecto.

Por otro lado, resulta llamativa la gran cantidad de ayuda al desarrollo rural, tanto de carácter estatal como federal. Dado que una fuente de financiación es imprescindible para la ejecución de cualquier proyecto, se decidió realizar un análisis, no sólo de los programas existentes, sino también del grado de conocimiento de la población sobre los mismos y de la funcionalidad de la que gozan. La labor de investigación sobre los programas se realizó independientemente del resto de los objetivos. La determinación del grado de conocimiento de la población y de su funcionalidad, se llevó a cabo a la vez que el segundo objetivo inicial: “Obtener el consejo y la colaboración de los habitantes de la zona”. Esto significó, que en la realización de las entrevistas, además de obtener dicha información, se añadieron preguntas sobre los programas y su funcionamiento.

1.1.1 Objetivo general

El objetivo general del proyecto es la prevención y control de la desertificación y abastecimiento de agua a Comunidades de la Región Mixteca, tal y como se titula el programa en el que se inserta. Este proyecto, persigue mejorar las condiciones de vida de las comunidades del distrito de Coixtlahuaca, mediante la reorganización en el manejo de sus recursos naturales, que les proporcione



un medio de subsistencia viable y sostenible, que evite el incesante flujo migratorio de la población a E.E.U.U. y desahogue al sector femenino, el más afectado por estas carencias.

1.1.2 Objetivos específicos

- Realizar la clasificación de las tierras del distrito de Coixtlahuaca según su capacidad de uso, mediante la interpretación de sus características para la explotación agrícola, ganadera o forestal y así programar el aprovechamiento óptimo del recurso “suelo”.
- Obtener el consejo y la colaboración de los habitantes de la zona, los mejores conocedores de la región y elementos indispensables para la correcta realización de este proyecto.
- Identificar aquellas áreas más degradadas que requieren con urgencia la implementación de obras de control de la erosión. En aquellas zonas degradadas donde la actuación no sea urgente, establecer las prácticas adecuadas para que se dirijan hacia la recuperación de manera natural.
- Establecer una serie de propuestas técnicas y sólidamente fundamentadas para determinar el tipo de explotación en aquellas regiones que no se encuentren incluidas en los dos grupos anteriores garantizando la sostenibilidad del medio.
- Especificar los factores limitantes estableciendo su orden de importancia para permitir extrapolar esta metodología a otras regiones homólogas de la Mixteca.
- Analizar la situación de la mujer en relación con la propiedad de los terrenos y la posibilidad de que esto cambie incentivándolas a realizar prácticas sostenibles.



1.2 ACTORES Y BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

1.2.1 Actores

Universidad Politécnica de Madrid, que ya tiene una historia colaborando con los proyectos de esa región en Oaxaca.

Cátedra de Edafología de la E.T.S.I. de Montes ya que fue a través de Alfredo Blanco como nos pusimos en contacto con el Instituto de Hidrología de la Universidad Mixteca.

Cátedra de Planificación y Proyectos, al ser Paz Aramburu la tutora y directora del proyecto.

SUNEO, específicamente la *Universidad Tecnológica de la Mixteca*, tratándose de una Universidad que no sólo trata de formar profesionales sino que persigue conseguir el desarrollo de la región donde se encuentra.

Instituto de Hidrología de la Universidad Tecnológica de la Mixteca ya con amplia experiencia en este tipo de proyectos y con gran conocimiento de la región Mixteca.

Planet Action, apoyando el proyecto con las imágenes del SPOT 2008.

Elena Herrero, Carlos Jiménez, María del Riego, con los resultados de sus diferentes Proyectos Fin de Carrera.

Los *habitantes* de las diferentes comunidades participan en el proyecto como solicitantes y ejecutores del mismo, además de tratarse de una fuente indispensable de información.

Las *instituciones locales* de los municipios, constantemente consultados a la hora de desarrollar el proyecto.

1.2.2 Beneficiarios

Los beneficiarios principales y directos de este proyecto serán los propios habitantes de las diferentes comunidades de Coixtlahuaca. Una buena gestión del suelo permitirá incrementar la productividad del mismo de forma palpable a la vez que el poner freno a la degradación de terrenos y la rehabilitación de zonas degradadas, supondrá un aumento de la disponibilidad en los terrenos de cultivo. Estos dos últimos puntos mejorarán la economía de todas las familias que dependan de la agricultura, lo cual, dada la situación se trata de la mayoría.

Tampoco debemos olvidar que este proyecto se encuentra integrado en otro



mayor que pretende dotar de agua potable a todos los habitantes de la zona así como garantizar un uso eficiente de la misma, de forma que resuelva o palie los problemas de riego y de abastecimiento de agua para el ganado. De entre los habitantes hay que destacar el gran avance que esto supone para las mujeres y los niños. El sector femenino es el más perjudicado por la falta de agua en la casa, al ser en general, el encargado de llevar a cabo las labores del hogar. Por otro lado, el disponer de agua potable, disminuirá notablemente el riesgo de enfermedades en la población infantil, con las defensas aún poco desarrolladas. Además para la mujer se realizará un estudio sobre su situación con respecto a la propiedad del terreno analizando la influencia del factor cultural en la misma.

Por otro lado la elaboración de las obras de control de la erosión será llevada a cabo por mano de obra local, lo cual contribuirá a aportar una fuente de ingresos paralela para estas familias. Las empresas locales, por tanto, también se beneficiarán tanto directa como indirectamente, debido a lo relativo al suministro de material, transporte del mismo...

También hay que destacar como beneficiario a la SUNEI, que mediante la realización de este proyecto aumentará la información disponible sobre una parte del territorio mixteco en el cual desarrolla su labor.

El medio ambiente en general también se verá beneficiado ya que este proyecto implicará un cese de la presión excesiva que hasta ahora se está ejerciendo sobre él. Esta mejora repercute indirectamente sobre todos nosotros.

1.3 ESQUEMA GENERAL

1.3.1 Descripción del medio

A lo largo de este primer apartado, se van a analizar las características del medio físico y la estructura territorial de la zona de estudio.

Tras conocer la situación geográfica, el clima, la geología y el resto de características físicas de Coixtlahuaca, dentro del apartado de estructura territorial se describe la situación de la propiedad de los terrenos en el distrito y la organización social que ésta implica, así como un análisis de la evolución de la demografía desde 1990 hasta 2005, desglosada por municipios.

También en este apartado se exponen todos los programas gubernamentales y no gubernamentales que actúan en la zona de estudio apoyando el desarrollo



rural y el mundo forestal junto con los requisitos necesarios para acceder a ellos, indicando cuáles aplican en el distrito de Coixtlahuaca.

1.3.2 Elaboración de información

Durante esta fase, se va a elaborar una cartografía actualizada y fiable, adecuada a los fines de este proyecto.

En primer lugar, se desarrollarán todas las actividades que fueron necesarias para la elaboración del mapa de suelos. En dicho mapa se distinguen las diferentes unidades edáficas presentes en el distrito y su distribución. También se incluye una caracterización de cada uno de los tipos de suelo, que será posteriormente empleada en la aplicación de los diferentes modelos de evaluación de tierras.

Por otro lado, se realiza un mapa de usos del suelo, necesario también en el desarrollo de los modelos.

Por último, se incluyen las entrevistas, a través de las cuales se involucra en el proceso a los habitantes de la zona, los verdaderos protagonistas, a la vez que se descubren sus necesidades y deseos.

1.3.3 Modelos de usos potenciales

A continuación, se realizará el mapa de uso potencial empleando el modelo USDA y el modelo ALES, ambos diseñados para la evaluación de tierras. Se incluye una descripción de cada modelo, así como el proceso de creación del modelo ALES a partir de la información disponible.

Antes de seguir con el siguiente punto se compararán los resultados obtenidos con cada uno de los dos modelos. Con el modelo ALES se analizarán dos alternativas: uso agrícola para maíz y uso agrícola para trigo mientras que el USDA clasificará las tierras en función de su aptitud agrícola, pastoral o de conservación.

1.3.4 Establecimiento de directrices de planificación y seguimiento

A lo largo de este apartado, en primer lugar se procederá a comparar los resultados entre el mapa de usos actuales y el de usos potenciales con el siguiente propósito:

- En aquellas áreas en las que el uso establecido en el mapa de uso actual y potencial **coincidan**, la recomendación será **mantener las prácticas que se están llevando a cabo hasta ahora**, ya que los recursos naturales se



estarán aprovechando sin suponer una presión excesiva y, por tanto, no comprometiendo de esta forma su perdurabilidad en el tiempo.

- Sin embargo, **en aquellas áreas en las que los dos usos no coincidan, se realizará la planificación** propiamente dicha, **dirigiéndola a establecer los usos determinados en el mapa de usos potenciales.**
- En las zonas degradadas, se establecerán una serie de propuestas dirigidas principalmente a **frenar el proceso de erosión**. Estas propuestas, consistirán en la recuperación de ciertas zonas prioritarias y la búsqueda de un uso útil para las zonas que cumplan los requisitos necesarios.

2 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

2.1 SITUACIÓN GEOGRÁFICA

El proyecto se centra en el distrito de Coixtlahuaca, perteneciente a la región Mixteca (Mixteca Alta) dentro del estado de Oaxaca – México.

México, oficialmente Estados Unidos Mexicanos, es un país de Norteamérica que abarca una extensión territorial de 1.964.375 km².

El país está delimitado al oeste y al sur por el océano Pacífico; su costa este linda con el golfo de México, mientras que la de la península de Yucatán es bañada por el mar Caribe. Comparte frontera con Estados Unidos al norte y con Guatemala y Belice al sureste.

El estado de Oaxaca, donde se desarrolla el proyecto, se encuentra en el sureste de los Estados Unidos de México. Limita al norte con los estados de Puebla y Veracruz. Al oeste con el estado de Guerrero, al sur con el océano pacífico y al este con los estados de Chiapas y Veracruz.



Fig 2. 1: Mapa político de México
(www.cecylte.net)

La superficie de Oaxaca es de 95364 km², lo que representa un 4,8 % de la superficie total de México. Este estado, posee la división política más complicada de toda la República, estando constituido por 570 municipios que conforman 30 distritos dentro de los cuales conviven más de 16 grupos culturales, con tradiciones y costumbres que son totalmente distintas entre sí.

La división territorial por regiones culturales, promovida por el gobierno federal, durante la década de 1950, fue concebida con el fin de desarrollar y estabilizar

el estado de Oaxaca preservando la identidad cultural de los distintos grupos que lo conforman. Estas divisiones tienen carácter exclusivamente cultural y no político. Según esto, Oaxaca se divide en ocho regiones diferentes (ver figura 1.3 parte inferior).

La Región Mixteca abarca una parte de los estados de Puebla, Guerrero y Oaxaca. Dentro de Oaxaca, esta región se divide en siete distritos que se agrupan, atendiendo a su altitud en (ver figura 1.3 parte superior):

- Mixteca Alta: Coixtlahuaca, Nochistlan, Teposcolula y Tlaxilaco, y
- Mixteca Baja: Huajuapán, Juxtlahuaca y Silacayoapan

En concreto, el distrito de Coixtlahuaca se ubica en la Mixteca Alta, ocupando el extremo noroeste del estado de Oaxaca. La superficie del mismo, son 168,87 km², lo que supone un 0,18 % del estado de Oaxaca. Dentro del distrito, se distinguen trece municipios diferentes (ver figura 1.2).

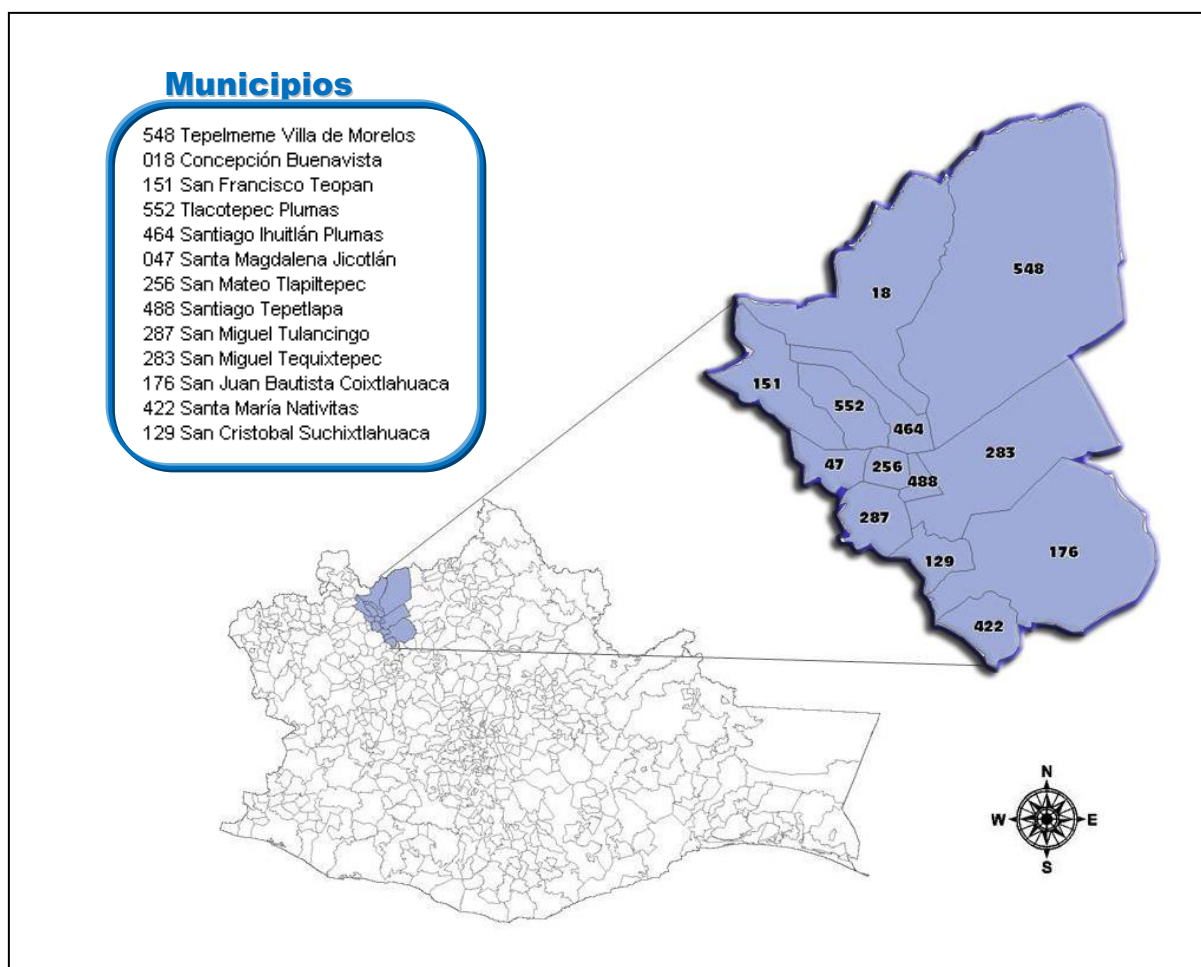


Fig 2. 2: Distrito de Coixtlahuaca y división en sus municipios
(www.oeidrus-portal.gob.mx/)

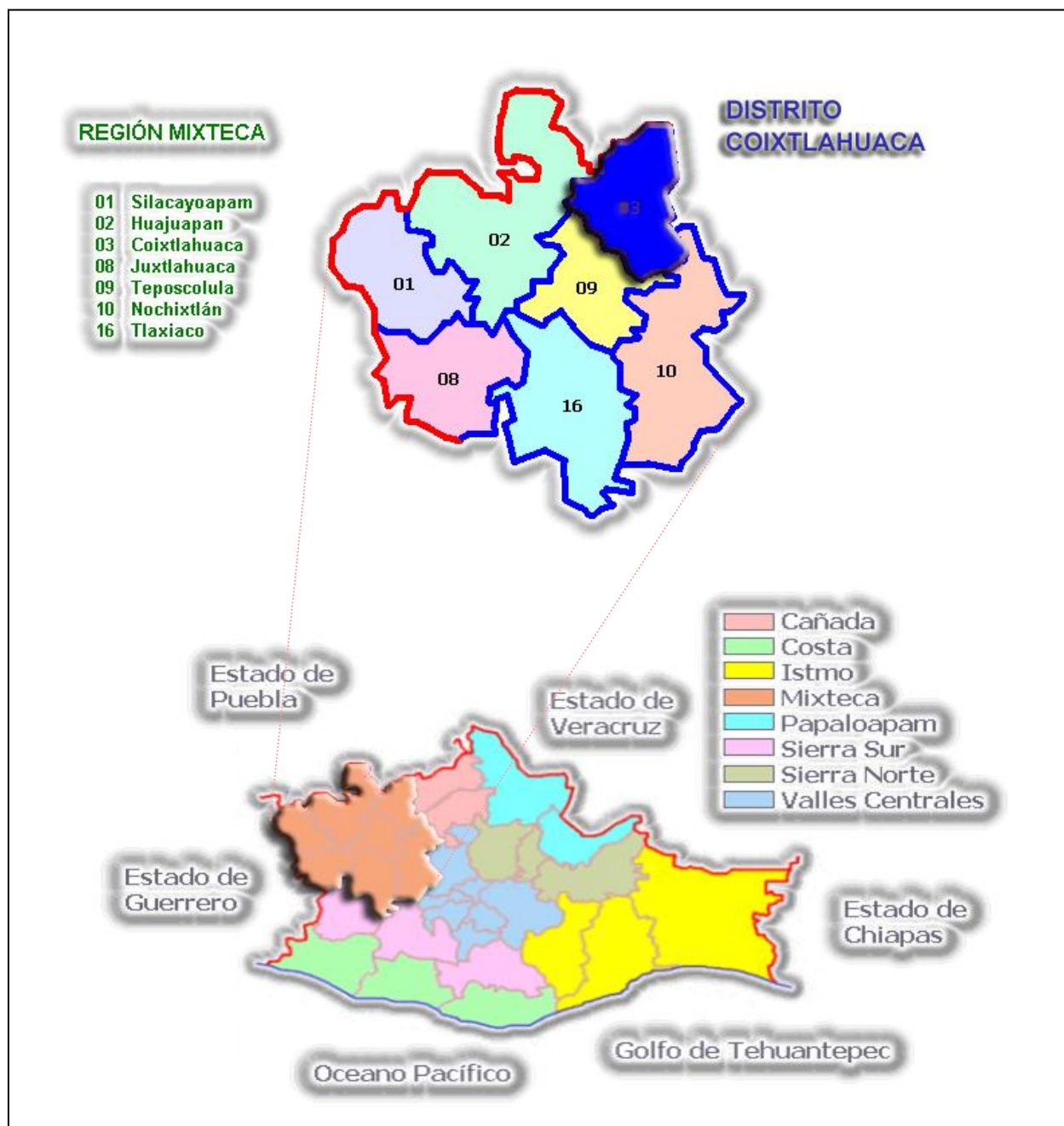


Fig 2. 3: Estado de Oaxaca – Región Mixteca – Distrito de Coixtlahuaca
(<http://3.bp.blogspot.com>)

2.2 MEDIO FÍSICO

Los datos para la descripción del medio físico, se han obtenido en su mayoría del Estudio Regional Forestal (ERF) correspondiente a la Unidad de Manejo Forestal (UMAFOR) “Mixteca Norte” 2010-2030. Por tanto, en los mapas ilustrativos durante la explicación del clima, se va a emplear la silueta de dicha UMAFOR aunque, con el objetivo de ubicar la zona de estudio en concreto,

sobre esta silueta se superponen los límites de Coixtlahuaca con sus trece municipios delimitados. Más adelante en este capítulo, en el apartado 2.3 *Estructura territorial*, se detallará más ampliamente el concepto de UMAFOR y sus características.

Sin embargo, en todos aquellos casos en los que los mapas han sido realizados específicamente para este proyecto, se aumenta el nivel de detalle empleando la silueta del propio distrito. Dependiendo de la información que se desee ilustrar, se utilizarán dos escalas diferentes en este tipo de mapas, 1:175000 o 1:350000.

2.2.1 Clima

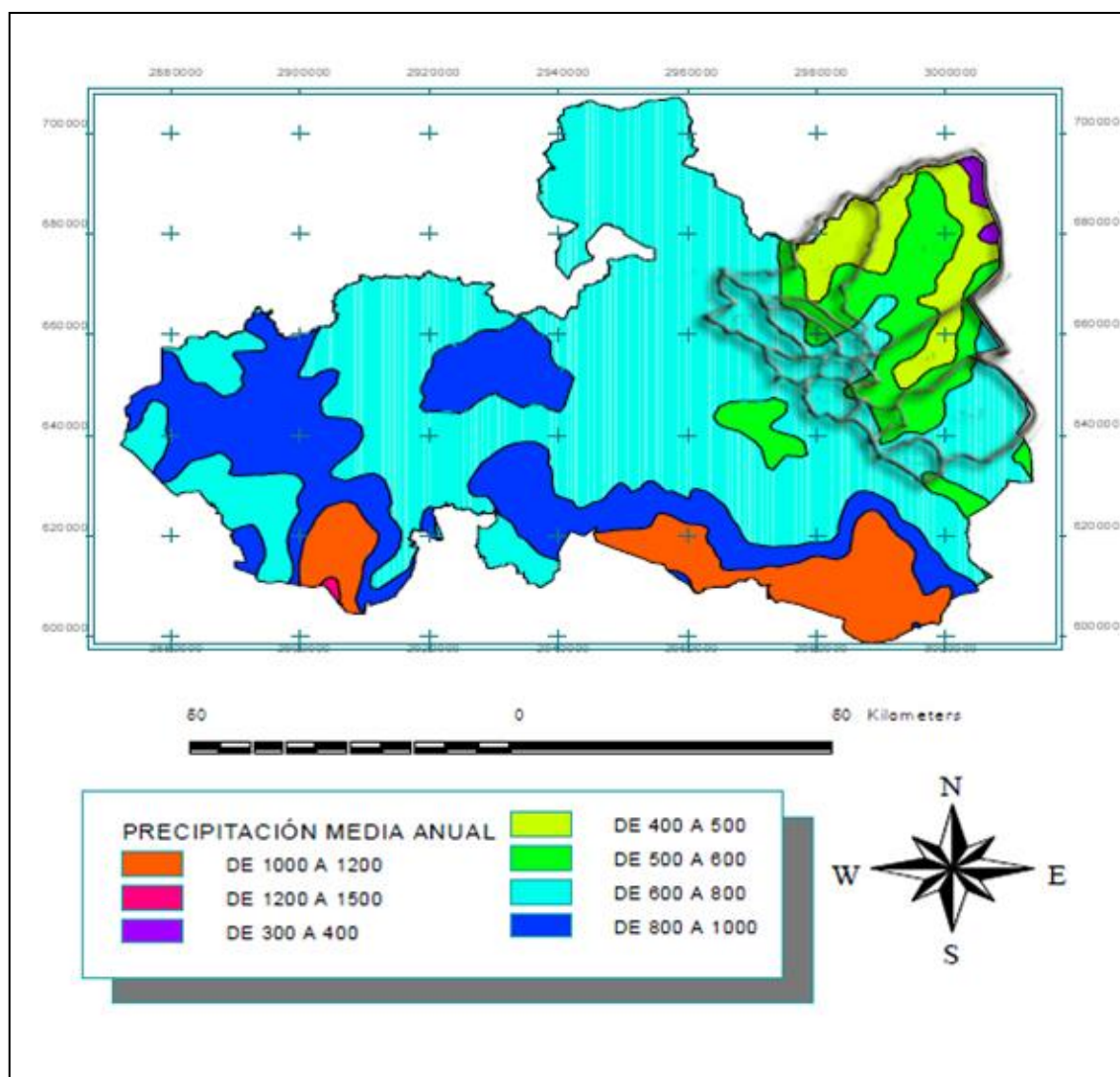


Fig 2. 4: UMAFOR Mixteca Norte – Mapa de precipitación media anual
(Estudio Regional Forestal)



Lo más característico del clima de la región es la estacionalidad de las lluvias. Las precipitaciones están repartidas a lo largo del año de manera que hay una época seca, que comienza en octubre hasta mayo seguida de una época húmeda durante los meses complementarios, entre mayo y octubre.

Los vientos alisios, son la principal fuente de humedad en las partes internas del estado de Oaxaca, tanto de la región Mixteca como de las regiones Valles Centrales y Cañada. Estos vientos soplan de una dirección NE y E y se mueven desde el golfo de México, donde recogen humedad, hacia el interior del estado de Oaxaca.

En su camino, entran al distrito de Coixtlahuaca por su extremo este donde se encuentran con la formación montañosa de mayor altura desde que entraron al continente (2700 m). Allí, gran parte de la humedad que llevan, precipita en forma de lluvia de manera que a continuación, siguiendo hacia al oeste, casi no producen nuevas precipitaciones provocando la aparición de zonas áridas y semiáridas.

Las precipitaciones durante la época de lluvia, según la población, son en forma tormentosa, duran poco tiempo pero con mucha intensidad. Durante la época seca pueden ocasionarse algunas lluvias debidas a los vientos del norte, masas de aire frío que pueden provocar precipitaciones al encontrarse masas de aire caliente.

Ocasionalmente puede entrar humedad con orígenes distintos a los explicados, pero siempre tendrá que superar la condición de aislamiento causada por los accidentes orográficos que delimitan la zona de estudio.

En el mapa de la figura 2.4 se puede observar como las precipitaciones disminuyen de sur a norte, de manera que en el sur existe una precipitación que oscila entre los 600-800 mm, mientras que la esquina norte únicamente 300-400.

Con relación a las temperaturas, como se puede observar en figura 2.5, en Coixtlahuaca aparecen tres rangos, *cálida*, *semicálida* y *templada*. En la fuente *Estudio Regional Forestal de la UMAFOR Mixteca Norte* no especifican los rangos de temperaturas que corresponden con cada uno de los tres tipos.

La zona cálida, localizada en el extremo norte del distrito, es claramente la que ocupa menor superficie; siguiendo hacia el sur aparece la zona semicálida y por último, continuando hacia el sur, la templada, que abarca el área más significativa.

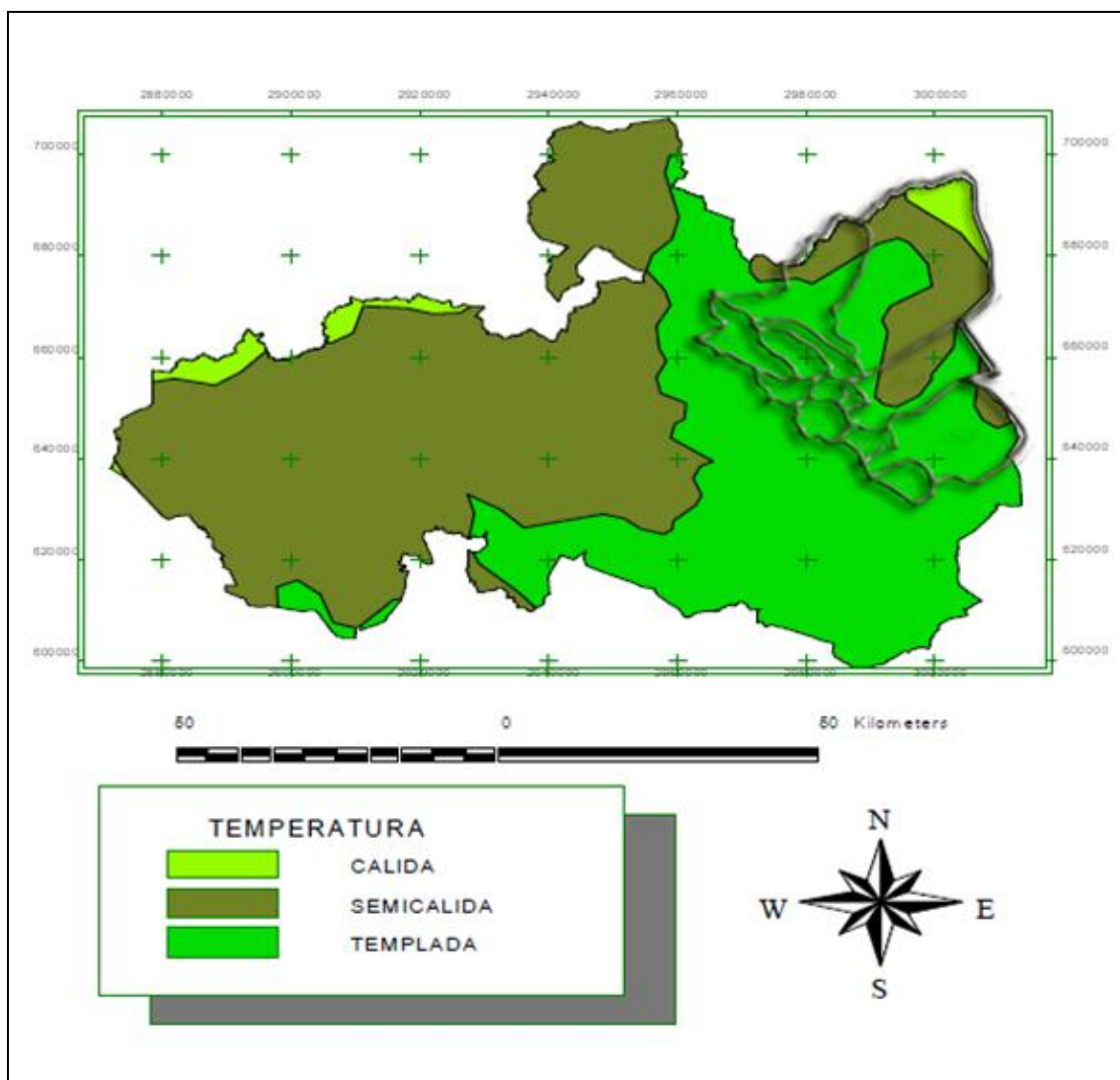


Fig 2. 5: UMAFOR Mixteca Norte - Mapa de temperatura media anual
(Estudio Regional Forestal)

La combinación de los elementos climáticos como la temperatura, la precipitación, así como su distribución a lo largo del año, da como resultado distintos tipos de clima.

Para describir el clima se pueden utilizar diferentes sistemas de clasificación. Lo importante, es que el sistema permita entender la relación que se establece entre los elementos climáticos; por ejemplo, cantidades de lluvia anual de la misma magnitud con condiciones térmicas distintas, pueden resultar en climas diferentes, ya que la eficiencia de la lluvia se incrementa al disminuir la temperatura (*Trejo, 2004*). En este caso se ha utilizado el propuesto por Köppen, modificado por García y adaptado a las condiciones de México.

A partir de la cartografía digital de la carta de Climas, escala 1: 1000000 se obtuvo el mapa que se puede observar en la figura 2.6 para la UMAFOR “Mixteca Norte”.

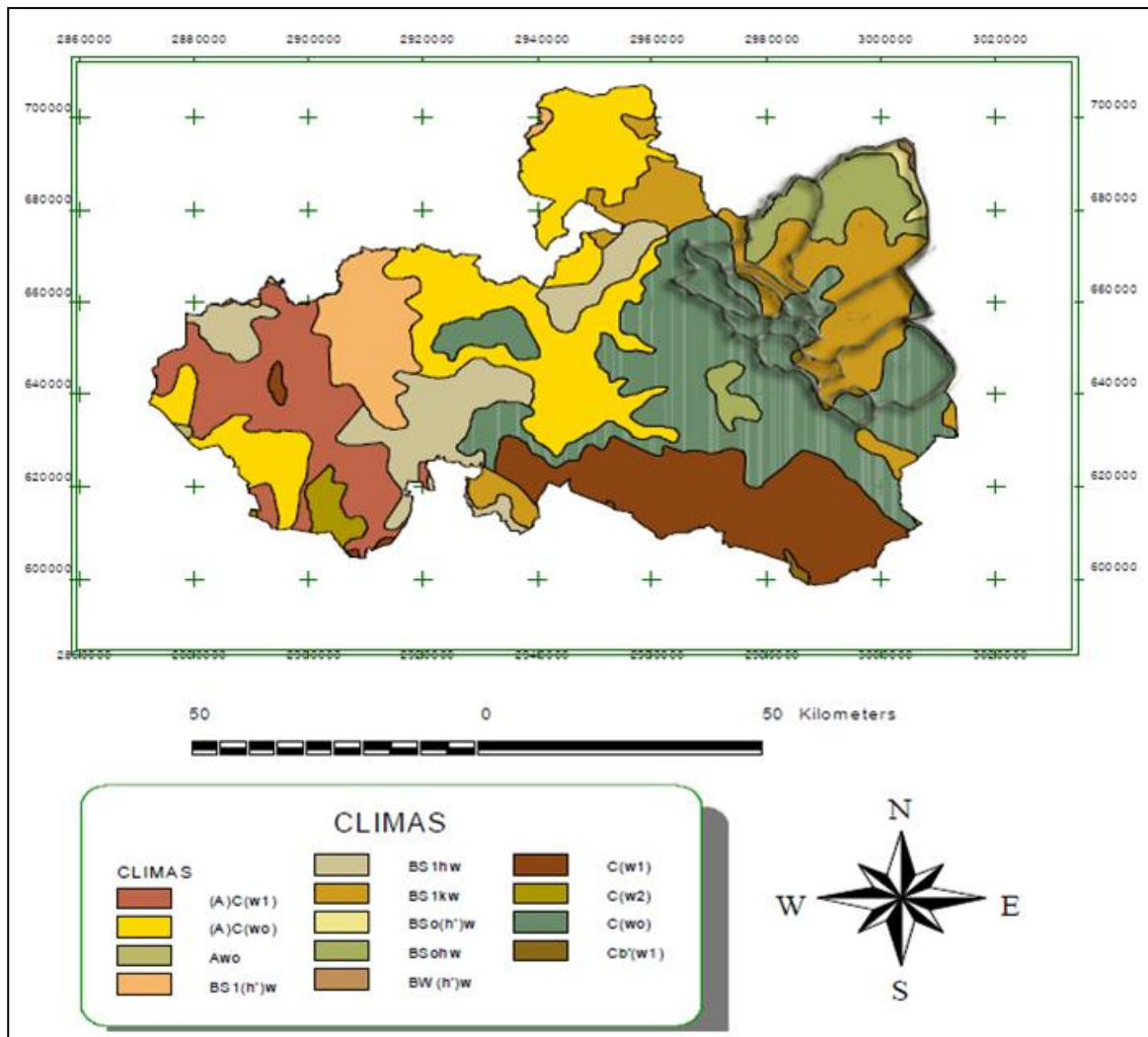


Fig 2. 6: UMAFOR Mixteca Norte - Mapa de climas
(Estudio Regional Forestal)

En el área de estudio, esquina noreste del mapa de la figura 2.6, aparecen los siguientes climas:

- **C(wo):** Representa la zona sur del distrito. Se trata de un clima Templado, subhúmedo. La temperatura media anual oscila entre 12°C y 18°C, la temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente es inferior a 22°C.
- **BS1kw:** Abarca toda la parte central del distrito de Coixtlahuaca a



excepción de la ocupada por el clima anterior. El tipo de clima es Templado, semiárido con una temperatura media anual que oscila entre 12°C y 18°C, La temperatura del mes más frío oscila entre -3°C y 18°C, siendo la del mes más cálido menor de 22°C.

- **BSohw:** Ocupa toda el extremo norte a excepción de la punta. Es un clima Semicálido, árido. La temperatura media anual varía entre 18°C y 22°C, la temperatura del mes más frío es menor de 18°C y la temperatura del mes más cálido es mayor de 22°C.
- **BSo(h')w:** Este clima es el que menos área supone de todos los climas. Se encuentra en el extremo noreste de la zona de estudio, justo en la punta. Se trata de un clima Cálido, árido. La temperatura media anual se encuentra por encima de los 22°C y la temperatura del mes más frío es siempre superior a 18°C.

Para determinar el clima específico de la zona de estudio se interpolaron datos de toda la Región Mixteca, calculando su influencia en la zona de estudio. Para ello se empleó el programa ERIC (Extracto Rápido de Información Climática). Este trabajo fue realizado por el Doctor Fidencio Sustaita Rivera.

Los mapas que se obtuvieron mediante esta técnica se ilustran en las figuras 2.7 y 2.8.

Comparando la información con la reflejada en los mapas de la UMAFOR, las conclusiones son las siguientes:

- a. En cuanto a **temperaturas**, los datos observados por ambos sistemas son bastante concordantes. En ambos casos, la zona más cálida se encuentra al norte y en el sureste del distrito. La ventaja adicional de usar los datos interpolados es que ahora sí se tienen datos de los rangos de temperaturas.
- b. Respecto a las **precipitaciones**, en el mapa interpolado, a diferencia con el de la UMAFOR, no se registra ninguna zona donde la precipitación sea inferior a 400 mm. Sin embargo, con relación a la zona centro, que es sobre la que se desarrolla el presente estudio, los datos de precipitaciones varían entre 500mm y 600 mm en ambos mapas.



Finalmente, la información obtenida a partir del método de interpolación se considera representativa de los datos de temperatura y precipitaciones y, en el caso de la temperatura, más exacta que la presentada por los mapas de la zona, por lo que, con el fin específico del desarrollo de este proyecto, los mapas interpolados, presentados en las figura 2.7 y 2.8, serán los que se utilicen para el desarrollo del modelo.

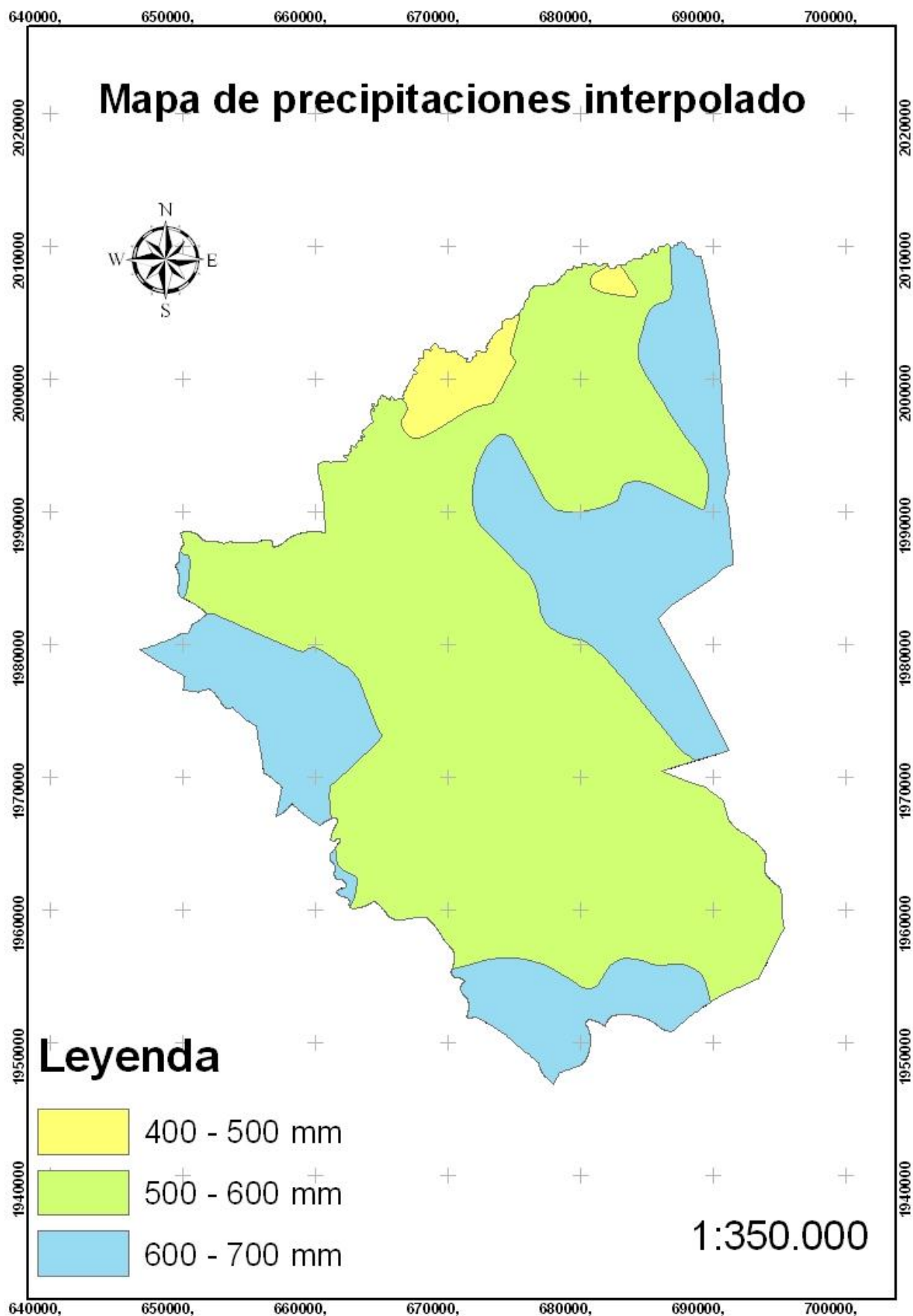


Fig 2. 7: Mapa de precipitación media anual
(Interpolación de datos ERIC)

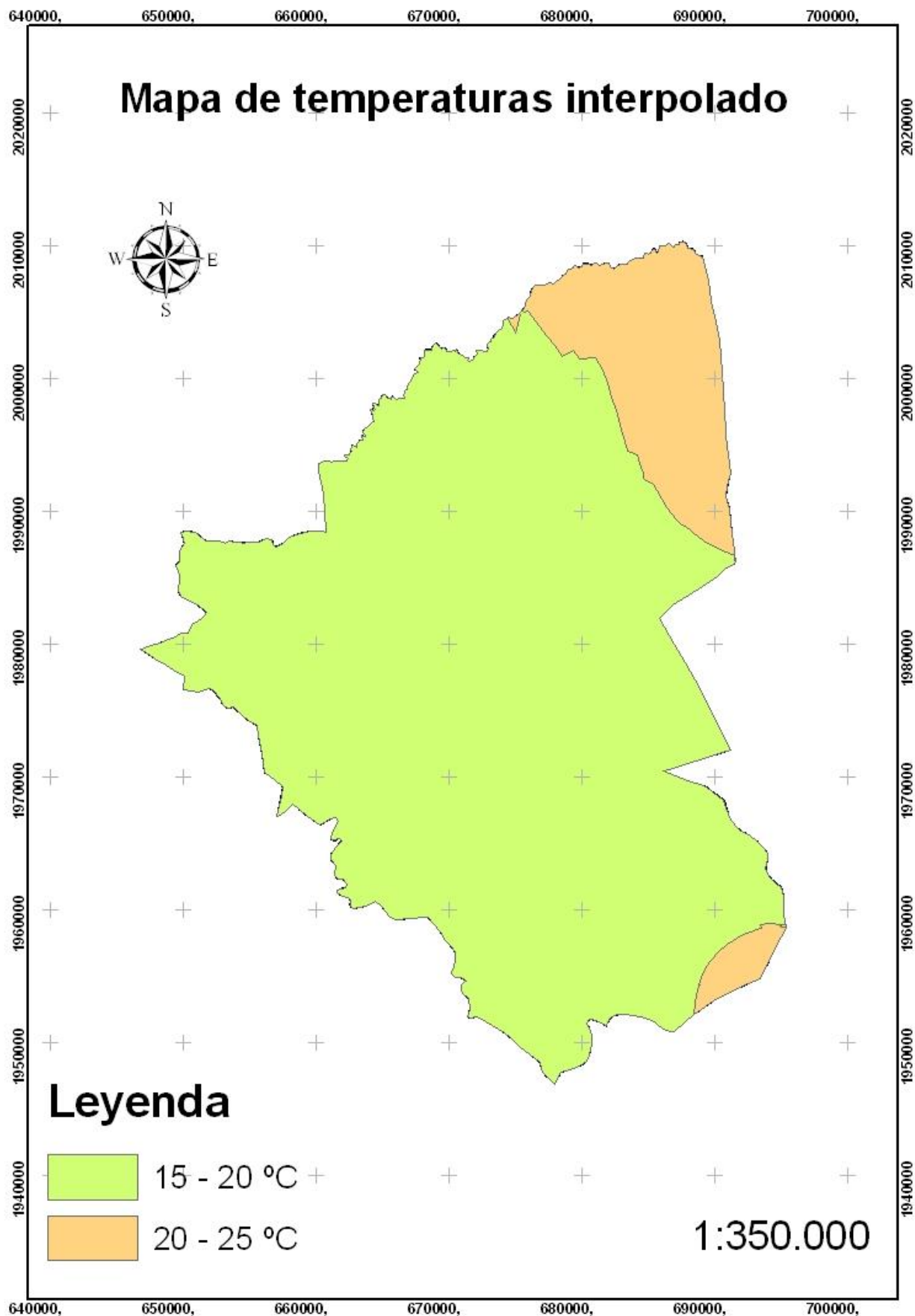


Fig 2. 8: Mapa de temperatura media anual
(Interpolación de datos ERIC)

2.2.2 Geología, geomorfología y suelo

Para determinar las formaciones geológicas del distrito de Coixtlahuaca, se ha utilizado la tesis doctoral de Alfredo Díaz Santa María: *Influencia de la falla de basamento no expuesta en la deformación Cenozoica: la falla de Caltepec en la región de Tamazulapam, en el sur de México, 2009*. La zona de estudio, no se encuentra incluida en su totalidad en dicha tesis, ni se han podido determinar los límites del distrito con exactitud. Sin embargo, esto no impide que se detecten las principales formaciones reflejadas en la figura 2.9 y explicadas a continuación:

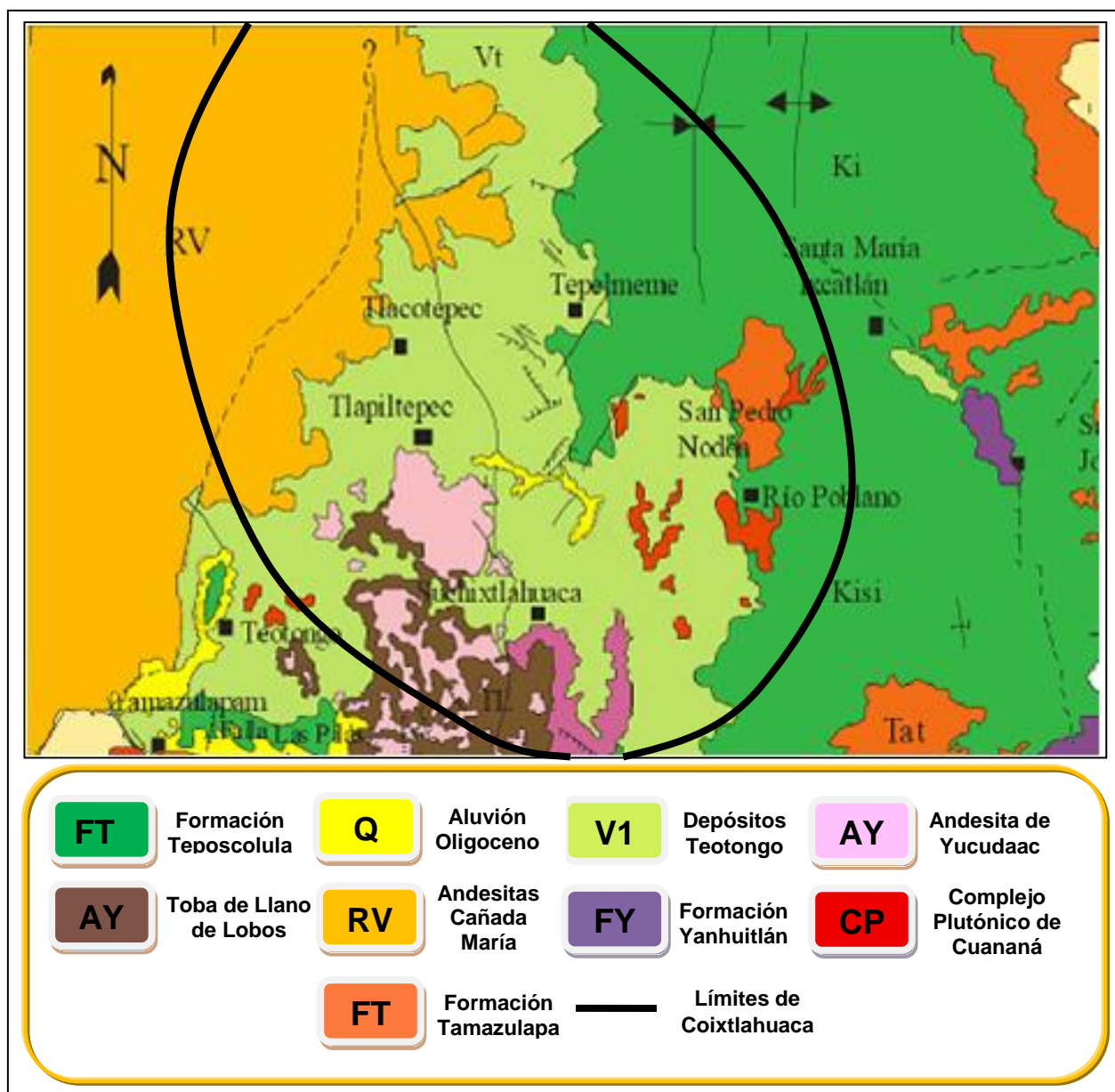


Fig 2. 9: Mapa de formaciones geológicas
(Alfredo Díaz Santa María)



En primer lugar, ocupando toda la parte este del distrito, aparece la **Formación Teposcolula**, constituida por calizas de plataforma carbonatada, con intercalaciones de estratos de dolomías y calizas arcillosas.

En la zona central del distrito se encuentran **Depósitos Teotongo** constituidos fundamentalmente por areniscas con influencia volcánica e intercalaciones de tobas.

Penetrando por el sur hasta la altura de Santa María Nativitas, aparece la **Formación Yanhuatlán**. Esta formación está constituida en su mayor parte por areniscas y limonitas, cementadas con carbonato de calcio pero aún así muy inconexas. La profundidad de esta formación varía entre 300 metros y 600 metros.

La parte noroeste de Coixtlahuaca está recorrida por las **Andesitas Cañada María**. La andesita tiene más de 400 metros de espesor en forma de derrames y de pequeños aparatos volcánicos. Por último, aparecen algunos manchones de **Andesita de Yucudaac** y **Toba de Llano de Lobos** por la zona de San Miguel Tulancingo.

En el extremo sureste, alrededor de Palo Solo, y envuelta por la formación Teposcolula, se encuentra la **Formación Tamazulapam conglomerado Tecomatlán**. Se trata de un conglomerado calcáreo que aflora únicamente en las inmediaciones del poblado del mismo nombre. Un poco más al sur, existe también un manchón de **Complejo Plutónico de Cuananá**.

Como se puede deducir de lo explicado anteriormente, el distrito de Coixtlahuaca, a excepción de la Formación Teposcolula y los conglomerados de Tecomatlán, está constituido principalmente por formaciones volcánicas. Sin embargo, en el desarrollo de este proyecto se ha detectado una particularidad que se considera muy importante a la



Fig 2. 10: Caliche (primer plano); **Afloramientos de material volcánico** (segundo plano)

(M^aJesús Serra, 2010)

hora de determinar la naturaleza de los suelos del lugar: Cubriendo la mayor parte de la Formación de Yanhuatlán y de los Depósitos de Teotongo aparece una capa de roca de coloración blanca, localmente denominada “caliche”, poco coherente y formada por un 87% de carbonato cálcico con un espesor que varía entre los 20cm y los 60cm (ver figura 2.10).

El origen de esta capa, claramente más joven que la subyacente, es sedimentario pero se desconoce la procedencia de los sedimentos. Se sospecha que debido a la fuerte erosión sufrida en la zona y, dado el alto contenido de carbonato cálcico característico de las formaciones de las partes altas, a lo largo del tiempo se ha ido acumulando esta capa en las partes bajas. Esto explicaría porque en las cumbres de los cerros aflora de nuevo el material volcánico, hecho que se observado en campo numerosas veces.



Fig 2. 11: Paisaje de Coixtlahuaca
(M^a Jesús Serra, 2010)

Respecto a la topografía de la zona, se puede calificar de montañosa, llegando a ser escarpada en amplias zonas. Las pendientes superan el 25% en la mayor parte de la superficie tal y como se puede observar en la figura 2.12.



La elaboración de los mapas de pendientes correspondientes con las figuras 2.12 y 2.13, fue a través del “Modelo de Elevación Digital a escala 1:50000”, producido por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI).

Estos dos mapas son diferentes en cuanto a los rangos porcentuales representados en cada uno de ellos. El motivo, es que se realizaron para servir en la aplicación de los dos diferentes modelos de evaluación de tierras (ALES y USDA, *capítulo 4*).

En ambas figuras, se puede observar, como la parte central de Coixtlahuaca, se trata de la zona más llana con pendientes por debajo del 25 %. Es en esta zona donde se concentran la mayoría de asentamientos humanos. En la parte norte y oeste aparecen las pendientes más escarpadas (entre el 40 – 100 %) aunque la mayor parte del territorio presenta una pendiente entre el 10 y el 25 %.

Coincidiendo con las pendientes más escarpadas, al norte del distrito, se encuentran las zonas más bajas con una altitud aproximada de 1500 m s.n.m. La zona centro, presenta una altitud de 2100 m s.n.m., mientras que la zona más elevada, situada al sureste del distrito, alcanza los 2700 m s.n.m. Ésta, se trata de la formación montañosa más alta entre el golfo de México y Coixtlahuaca, por lo que la humedad de las nubes, se suele perder por precipitación antes de que éstas se internen en el distrito.

La parte central de Coixtlahuaca, consiste en un altiplano con algunas formaciones montañosas aisladas. Esto supone un fuerte contraste con la zona norte, donde aparecen escarpados e inaccesibles valles. El resto de zonas montañosas, protagonistas de toda la periferia del distrito, aparecen con relieves más suaves, lo cual se puede apreciar de nuevo en ambos mapas de pendientes de las figuras 2.12 y 2.13.

Respecto a las orientaciones dominan las vertientes septentrionales, y a su vez las orientadas al oriente y al poniente.

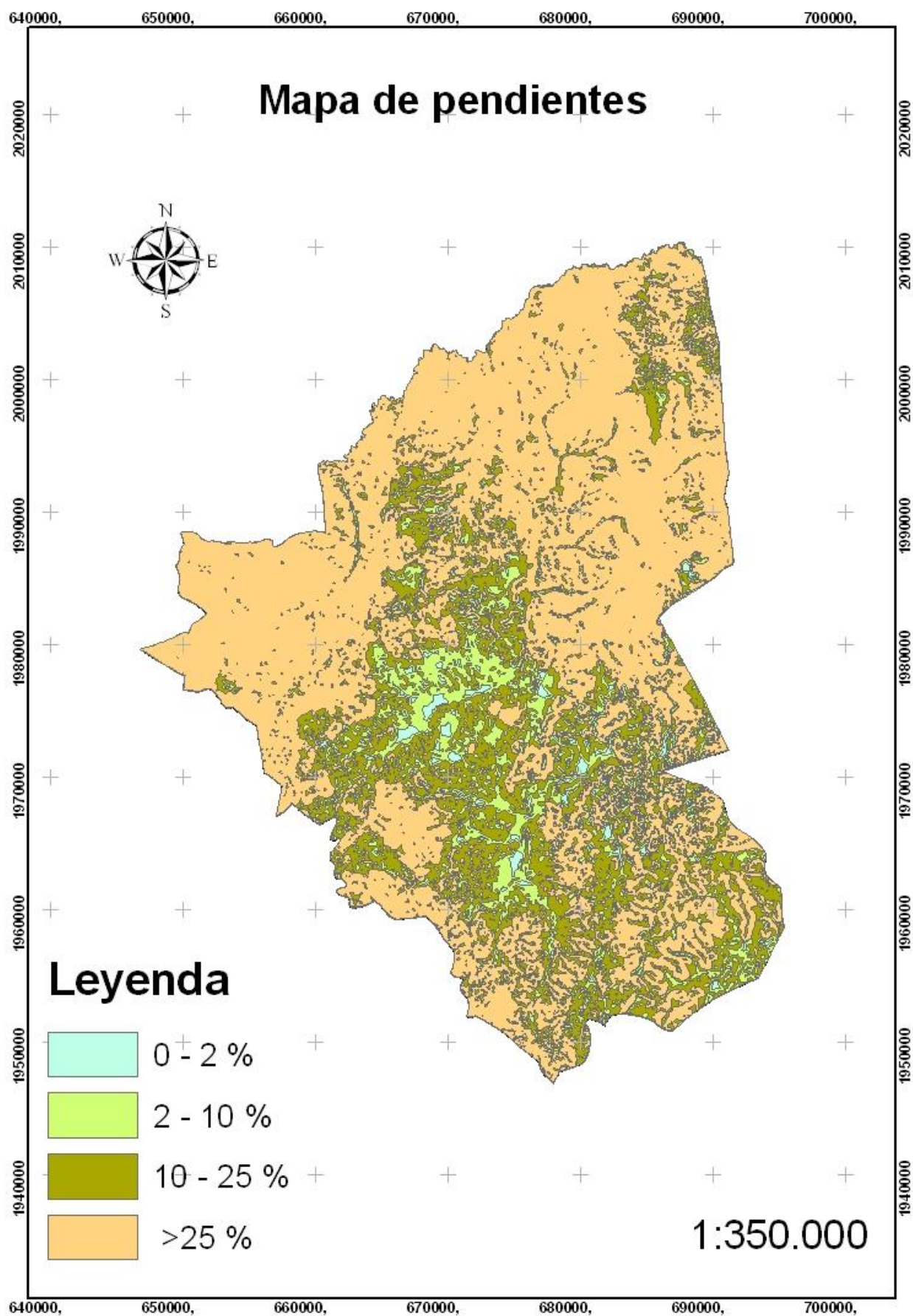


Fig 2. 12: Mapa de pendientes 1
(M^a Jesús Serra, 2010)

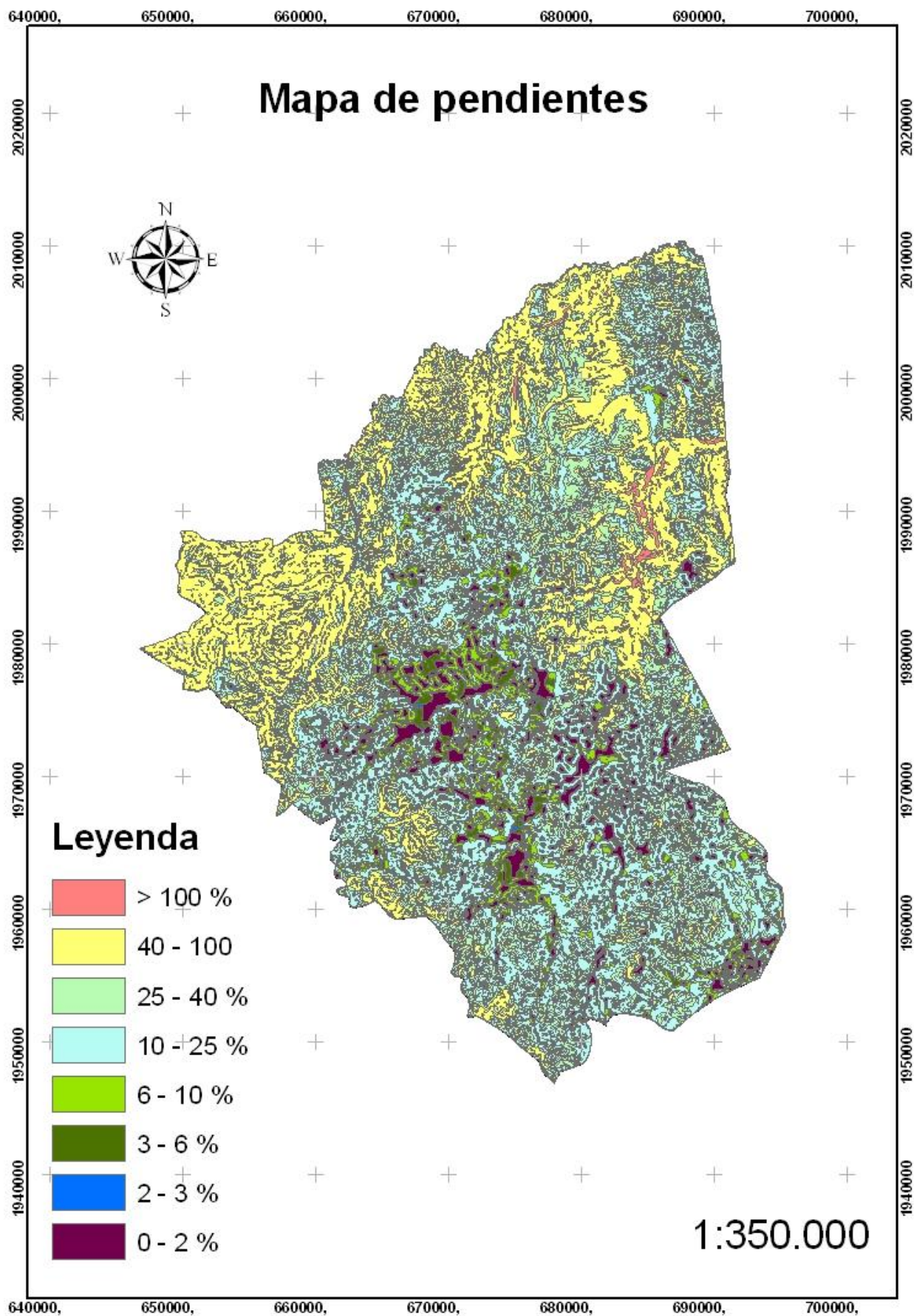


Fig 2. 13: Mapa de pendientes 2
(M^a Jesús Serra, 2010)

Para determinar el tipo de suelos que se encuentran en esta zona, es imprescindible decidir si la capa de caliche, antes mencionada, se considera en sí misma la roca madre o se trata simplemente de un horizonte cálcico o hipercálcico. La pregunta que hay que hacerse a la hora de tomar esta decisión es la siguiente: ¿es esta capa de caliche la responsable de la formación de nuevos suelos o, por el contrario, a través de los suelos ya formados se ha producido la acumulación de carbonatos que se observa?

Teniendo en cuenta que se trata de perfiles muy delgados en los cuales no se observan restos de carbonato cálcico sino rocas pertenecientes a la capa de caliche, se considera dicha capa la responsable de la formación de los suelos, tratándose por tanto de la roca madre. En aquellas zonas donde no aparezca el caliche, la roca madre será evidentemente la correspondiente a la formación que allí se encuentre.

Antes de hablar de los tipos de suelo hay que remarcar el alto estado de degradación de los mismos (ver figura 2.14):

- La suma de los efectos de fenómenos naturales como la lluvia combinada con fuertes pendientes
- la acción del ser humano al practicar “la roza, tumba y quema” para preparar las tierras y cultivarlas
- la explotación irracional de las áreas forestales, el sobrepastoreo y los incendios forestales,

han forjado un escenario perfecto para la erosión, que ha terminado por provocar la pérdida total del suelo en numerosas ocasiones con el consiguiente afloramiento de la roca madre.

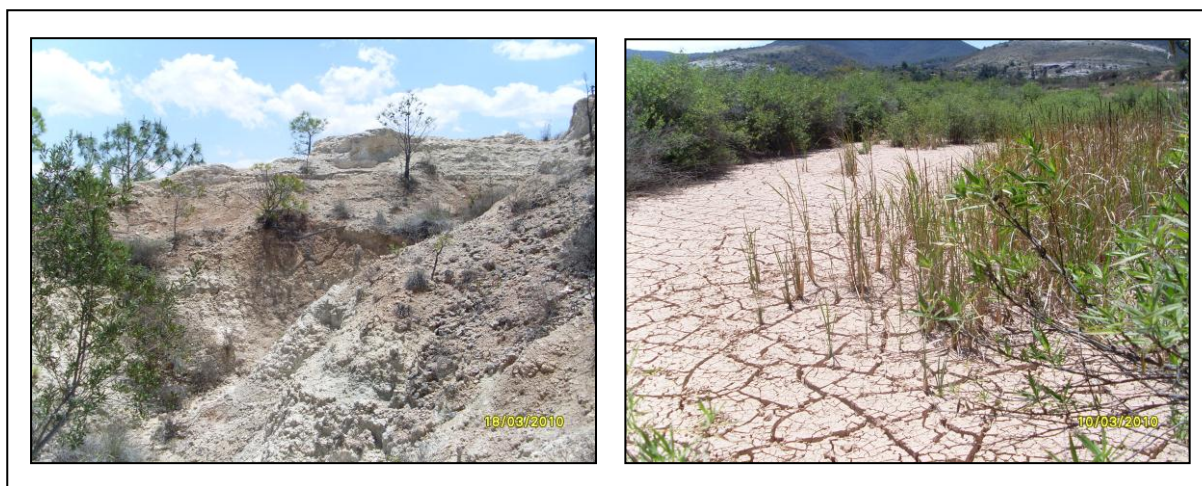


Fig 2. 14: Suelos degradados o en proceso de degradación
(M^a Jesús Serra, 2010)

Aunque actualmente ya se han comenzado a aplicar medidas correctoras, como numerosas reforestaciones y obras para el control de la erosión, es importante continuar con ellas ya que la formación de suelo requiere procesos muy largos y complejos y, la pérdida del mismo es en muchos casos irrecuperable. Conforme a este razonamiento, los suelos que se dan en la zona, aunque variados, tienen la mayoría una característica común, **la delgadez**.

Los tipos de suelo y sus características se analizarán con mayor detalle en el *apartado 3.1* específicamente dedicado a ellos.

2.2.3 Vegetación y usos del suelo

La información sobre la vegetación que se encuentra a continuación, se ha obtenido de Proyecto Fin de Carrera “Análisis espacial y temporal de los usos del suelo en el distrito de Coixtlahuaca, Oaxaca, México, 2010” realizado por Elena Herrero Rodríguez, que se ha desarrollado paralelamente a este estudio

El mapa de la figura 2.19, se ha obtenido del misma fuente; sin embargo, a lo largo de este proyecto se elaborará otro mapa de usos (*apartado 3.2*) ya que el presentado aquí no distingue entre pastizal y uso agrícola, separación imprescindible para la metodología planteada en este trabajo.

Dada la gran variedad de altitudes, pendientes, orientaciones y por tanto de microclimas que se dan en Coixtlahuaca, existen representaciones de muchos tipos de vegetación, desde bosques de encino de hoja perenne hasta cactáceas y palmerales.



Fig 2. 15: Palmeral con vegetación xerófila
(M^a Jesús Serra, 2010)

Como especies maderables aparecen en las zonas más elevadas pinares, chaparrales, encinos y enebros. Los chaparrales y los bosques de encinos presentan entre sus componentes principales una importantísima variedad de *Quercus*. A lo largo de la historia han tenido un uso mayoritario energético como leña y constructivo para

hogares de la población local. Tal y como se ve en la figura 2.19, los chaparrales generalmente rodean los bosques de encino, estando ambos situados en la periferia del distrito.



Fig 2. 17: "Acacia pennatula"
(Elena Herrero, 2010)

En las altitudes intermedias, (2100 m s.n.m.), donde vive un alto porcentaje de la población de Coixtlahuaca, aparece el matorral espinoso, también usado por la población para leña y ramoneo del ganado. El huizache (*Acacia farnesiana*) o el espino blanco (*Acacia pennatula*) son las dos especies más importantes de este tipo de vegetación. Estas zonas, conforman

principalmente la parte central del distrito. En ellas, el pastizal o bosque muy abierto, adquiere un gran protagonismo presentándose íntimamente ligado a las zonas degradadas (ver figura 2.19).

En las zonas más bajas, situadas al norte del distrito, aparece la selva baja caducifolia, con especies maderables como son el Cubata (*Acacia macrantha*) y los copales (*Bursera sp.*). Este tipo de vegetación se encuentra asociado frecuentemente con el matorral xerófilo, en el que se incluyen, las cactáceas columnares como el *Pachycereus sp.*, la palma, de la que se hacen artesanías como sombreros (*Brahea dulcis*), plantas rosetófilas como de la que se extrae el mezcal (*Agave sp.*) y las patas de elefante (*Beaucarnea gracilis*) entre otras muchas especies.



Fig 2. 16: "Ágave sp."
(Elena Herrero, 2010)

El matorral xerófilo, junto con la selva baja caducifolia es el tipo de vegetación que se encuentra en la zona protegida por la Reserva de la biosfera de Tehuacán - Cuicatlán, la cual abarca toda la zona este del distrito.



Los pinos, los cedros, los eucaliptos y aunque en menos ocasiones, las casuarinas, son las especies que se emplean en las reforestaciones. Éstas han sido realizadas en las zonas degradadas presentes fundamentalmente en la parte central del distrito.

Además se encuentran casi en su totalidad en alturas intermedias, de manera que los bosques de encino, chaparral y enebro han quedado relegados a zonas que la población ha considerado menos accesibles para la agricultura, como cerros o montañas, aunque esto no ha impedido que se hayan sobreexplotado en muchas ocasiones para otros usos como el pastoreo o la recogida de leñas.



Fig 2. 18: Reforestación de pino, Santiago Ihuatlán Plumas
(María del Riego, 2010)

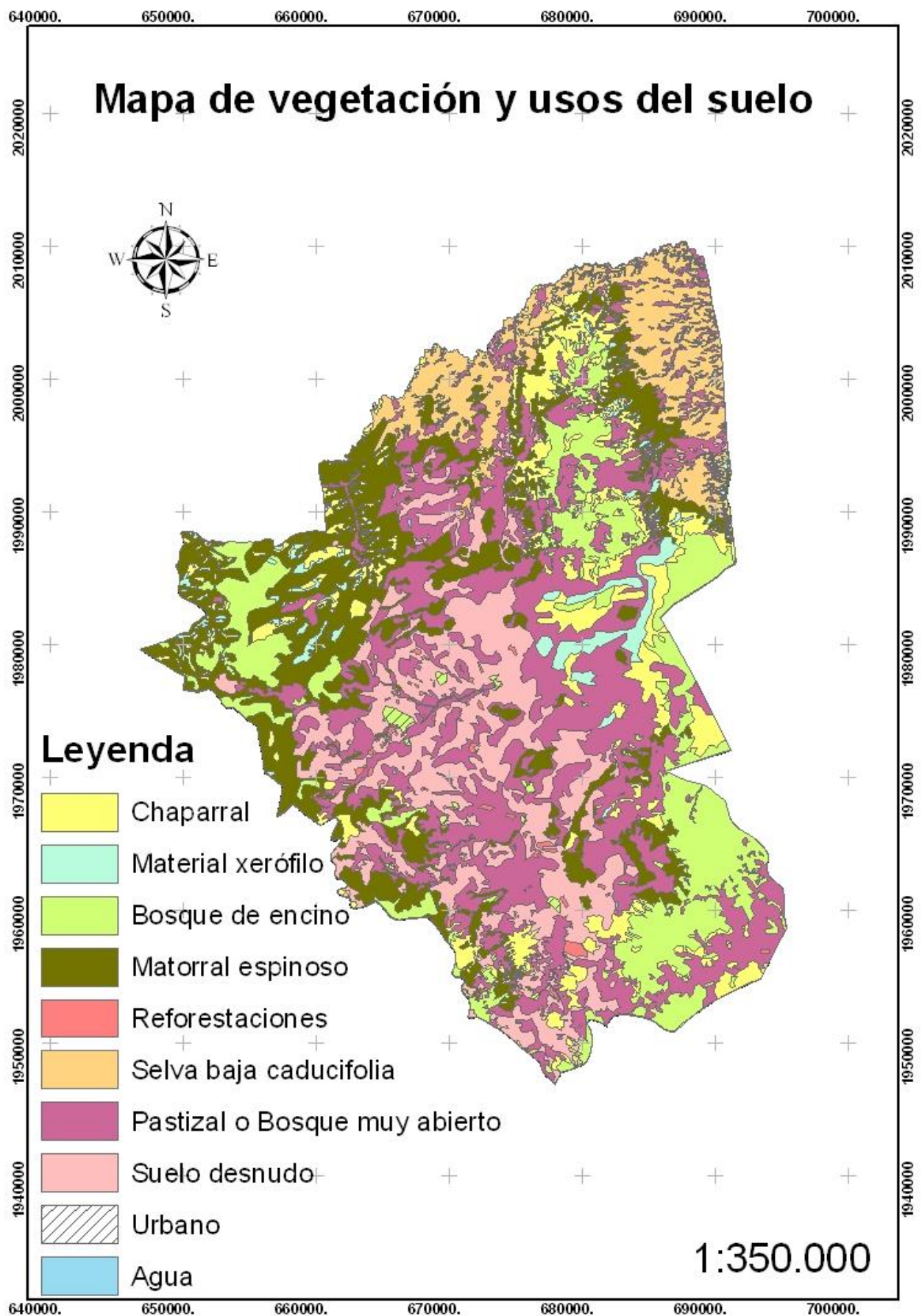


Fig 2. 19. Mapa de vegetación y usos del suelo
(Elena Herrero Rodríguez, 2010)

2.2.4 Red hidrográfica

La mayor parte de la superficie del distrito pertenece a la Región hidrográfica del Papaloapan, en su segundo tramo, depresión poblano-oaxaqueña. Sin embargo, en su esquina oeste, tiene una pequeña parte que pertenece a la Región hidrológica Balsas, y dentro de ella al río Atoyac.

La mayoría de los cauces que atraviesan la zona de estudio, son temporales, por lo que durante la realización de este proyecto, se encontraban secos.



Fig 2. 20: Cuencas y mapa hidrográfico
(mapserver.inegi.org.mx) y (Doctor Fidencio Sustaita, 2009)



El límite entre el estado de Puebla y Oaxaca, al norte del distrito, queda marcado por el río Hondo, perteneciente al distrito de Concepción Buenavista y de Tepelmeme Villa de Morelos. Este río es un afluente terciario del río Papaloapan.

Según la clasificación de cuencas de Way (1978), la presente cuenca hidrográfica se corresponde con la cuenca de textura fina. Las características principales son elevados niveles de escorrentía superficial, junto con una roca madre impermeable y suelos de poca permeabilidad.

2.2.5 Fauna

La fauna de Coixtlahuaca es también muy variada dada la diversidad de los ecosistemas existentes. Existen ciertos problemas de caza furtiva del venado de cola blanca, en la parte perteneciente a la reserva de la Biosfera. Por lo demás, ninguna de las especies se encuentra en peligro de extinción. Entre los vertebrados más abundantes destacan:

Mamíferos: coyotes, conejos, ardillas, tejones, zorros, comadreas, mofetas, armadillos, gato montés, liebres, mapaches, jabalíes y venados cola blanca.

Reptiles: víboras de cascabel, coralillos y lagartos.

Aves: correcaminos, águilas, gavilanes, palomas blancas, quebrantahuesos.

2.3 ESTRUCTURA TERRITORIAL

2.3.1 Marco legal

El estado de Oaxaca presenta una organización del territorio muy complicada tal y como se explicó en el *apartado 2.1 Situación geográfica*. Claro ejemplo de ello, son las dos divisiones diferentes que él existen: Por un lado la política, que organiza el territorio en **distritos** y **municipios** y por otro lado la cultural, que divide el estado en ocho **regiones** diferentes. Así, Coixtlahuaca pertenece a la Región Mixteca desde el punto de vista cultural y a su vez, se trata de un distrito, desde el punto de vista político. En la figura 2.3, se observa cómo se integran ambas divisiones.

Sin embargo, a la hora de organizar las actuaciones que conciernen a la gestión del territorio en lo relativo al desarrollo rural y a los ámbitos forestales,



no se utiliza ninguna de las dos divisiones descritas. Por el contrario, para todo lo relativo al desarrollo rural, se ha establecido una nueva organización del territorio, totalmente diferente a las dos anteriores estructurada en **Distritos de Desarrollo Rural (DDR)**. Éstos están formados por distritos políticos completos, o por parte de ellos, siendo esta división totalmente independiente de la anterior a pesar de que la unidad de organización, el “distrito”, reciba el mismo nombre en ambas. Análogamente, ocurre con la gestión forestal, que se organiza en torno a las **Unidades de Manejo Forestal (UMAFORes)** también totalmente independientes y distintas a las tres posibilidades anteriores.

De delimitar cada una de las divisiones anteriores y gestionar el terreno, se encarga la Secretaría correspondiente. Las Secretarías, son organismos políticos similares a los Ministerios españoles.

A la hora de realizar una planificación en una zona rural, con una superficie forestal de más del 50 %, es imprescindible tener en cuenta estos aspectos organizativos, por lo que a continuación se procede a una explicación más profunda. Por otro lado, se va a incluir a lo largo del apartado 2.3 *Estructura territorial*, una introducción a los distintos tipos de propiedad existentes en México, dadas las grandes repercusiones que presenta en la estructura de la sociedad. Esto es indispensable para entender la situación en la que se encuentra Coixtlahuaca, la mentalidad de su población y por tanto para determinar las acciones propuestas en capítulos más avanzados.

2.3.1.1 Distritos de Desarrollo Rural, DDR

La primera mención de los DDR apareció en la *Ley de Distritos de Desarrollo Rural del 28/01/1988*, la cual se establecía que los estados de México se dividen en Distritos de Desarrollo Rural (DDR) que, según el artículo 60 de esta misma ley, se definen así:

“Los distritos de desarrollo rural son las unidades de desarrollo económico y social circunscritas a un espacio territorial determinado para:

- I. Articular y dar coherencia regional a las políticas de desarrollo rural;*



- II. La realización de los programas operativos de la Secretaría y la coordinación con las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal que participan en el programa nacional de desarrollo rural integral y los programas sectoriales que de él derivan, así como con los gobiernos estatales y municipales y para la concertación con las organizaciones de productores y los sectores social y privado;*
- III. Hacer converger las acciones, servicios y recursos destinados a fomentar la producción agropecuaria, forestal, de la agroindustria, la acuacultura y en general el desarrollo integral de los habitantes del campo.*

En el artículo 8 se establece que será competencia de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación de México (SAGARPA) la delimitación del ámbito geográfico de los DDR y la ubicación de sus correspondientes Centros de Apoyo para el Desarrollo Rural (CADER).

La Ley de Desarrollo Rural Sustentable del 7/12/2001 en el Transitorio Tercero, aboga la ley de Distritos de Desarrollo Rural de 1988. Sin embargo, en el *Título II, De la Planeación del Desarrollo Rural Sustentable, Capítulo I, artículo 13, punto V* de esta misma ley se establecen los DDR como medio a través del cual se promoverá la formulación de programas a nivel municipal y regional o de cuencas, con la participación de las autoridades, los habitantes y los productores en ellos ubicados. Más tarde, en el *Título II, capítulo IV*, dedicado especialmente a los DDR se reafirma esto anterior.

En el estado de Oaxaca, hay siete DDR. El distrito de Coixtlahuaca se encuentra dentro del Distrito de Desarrollo Rural número 104, llamado Huajuapán de León. Este DDR incluye cinco distritos políticos además del que le da nombre: Teposcolula, Tlaxiaco, Silacoyoapam, Coixtlahuaca y Juxtlahuaca.

El DDR de Huajuapán de León, dispone de cuatro CADER: (Huajuapán de León, Tamazulapam del Progreso, Nochixtlán y Tlaxiaco). El correspondiente al distrito de Coixtlahuaca objeto de este estudio es la número dos, Tamazulapán del Progreso, que además de los trece municipios de Coixtlahuaca, está encargado de otros 21.

De forma práctica, los CADER son los que realmente ejecutan los programas, mientras que los DDR son los encargados de distribuir el trabajo. La responsabilidad de determinar los límites de actuación de cada DDR sigue recayendo sobre la SAGARPA, que debe intentar que éstos coincidan con los



límites de las cuencas hidrográficas aunque en regiones rurales con población indígena significativa, los distritos se delimitarán considerando esta composición, con la finalidad de proteger y respetar los usos, costumbres y formas específicas de organización social indígena.

Las acciones de los DDR quedan recogidas en el *Artículo 31 de la Ley de Desarrollo Rural Sustentable del 7/12/2001*, pero esencialmente son las mismas que las recogidas en la *Ley de Distritos de Desarrollo Rural del 28/01/1988*.

2.3.1.2 Unidades de Manejo Forestal, UMAFOR

El 25 de Febrero de 2003 se promulgó la *Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable* (LGDFS). Esta Ley, elaborada por distintos partidos políticos, la CONAFOR (Comisión Nacional Forestal) y la SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales), establece diversas disposiciones y principios, que persiguen contribuir al manejo integral y sostenible de los recursos forestales del país.

Específicamente, la LGDFS establece mediante el artículo 112 las Unidades de Manejo Forestal (UMAFOR), como áreas que tienen condiciones similares en su fisiografía, vegetación y situación socioeconómica, con el propósito de lograr una ordenación forestal sostenible, una planificación adecuada de las actividades forestales y el manejo eficiente de los recursos forestales.

Así mismo, la LGDFS señala que se promoverá la organización de los productores forestales ubicados dentro del territorio de cada UMAFOR y estipula que deberán realizarse entre otros aspectos, estudios regionales o zonales que apoyen el correcto manejo forestal.

Para dar cumplimiento a lo anterior, la Comisión Nacional Forestal, ha venido realizando diferentes acciones, además de la delimitación de las 218 UMAFORES existentes actualmente. Entre ellas destaca la promoción para la organización de las asociaciones de selvicultores en cada UMAFOR y el diseño, lanzamiento y operación del Programa de Ordenamiento y Fortalecimiento a la Autogestión Silvícola (PROFAS). Este programa tiene entre otras funciones la elaboración de Estudios Regionales Forestales (ERF) que actúen como expresión de todos los instrumentos federales y estatales



(planes y programas) a nivel específico para cada región del país. A partir de ellos se elaboran los programas a nivel predial (para cada productor o conjunto de productores).

Artículo 112

La Comisión Nacional Forestal en coordinación con las entidades federativas, delimitarán las unidades de manejo forestal, tomando como base preferentemente las cuencas, subcuencas y microcuencas hidrológico-forestales, con el propósito de lograr una ordenación forestal sustentable, una planeación ordenada de las actividades forestales y el manejo eficiente de los recursos forestales.

La Comisión y los gobiernos de las entidades federativas, promoverán la organización de los titulares de aprovechamientos forestales, cuyos terrenos estén ubicados dentro una unidad de manejo forestal.

El distrito de Coixtlahuaca se encuentra incluido en el UMAFOR “Mixteca Norte”, clave 2011 (ver figura 2.11), junto a los distritos de Huajuapán de León, Teposcolula, todos los municipios de Silacayoapan menos Ixpantepec Nieves, trece de los treinta y dos municipios de Nochistlán y uno de los 35 de Tlaxiaco. Como se puede observar, esta nueva división no tiene nada que ver ni con la división política (distritos y municipios) ni con los Distritos de Desarrollo Rural.

No existe en toda la UMAFOR ninguna organización productora de madera y, aunque en algunos municipios dentro de la misma aparecen carpinterías o pequeños almacenes de madera, ninguno de ellos se encuentra dentro del distrito de Coixtlahuaca.

Para esta UMAFOR, ya se ha desarrollado un Estudio Regional Forestal (ERF) que, tal y como queda recogido en la LGDFS, poco a poco se irá realizando en cada una de las 218 UMAFORES. El informe se ha elaborado a partir del PROFAS para el Comité Regional de Recursos Naturales de la Zona Centro de



2.3.2 Organización territorial

El distrito de Coixtlahuaca, se divide en trece municipios dentro de los cuales existe un número variable de asentamientos humanos que dependen de la cabecera del municipio (ver figura 2.2). Dicha cabecera de municipio, es el núcleo urbano de mayor envergadura y su nombre coincide siempre con el del municipio al que pertenece.

Los asentamientos humanos de mayor importancia dentro de cada municipio, a parte de la cabecera, obtuvieron mediante la *quincuagésima novena Legislatura Constitucional del Estado Libre y Soberano de Oaxaca*, el reconocimiento de “Agencia”. Las agencias pueden ser Municipales (cuando están regidas por un Agente Municipal), o Policiales (cuando están regidas por un Agente de Policía).

2.3.2.1 Tipos de propiedad

La explotación colectiva de la tierra, con su consiguiente propiedad comunal, ha sido una práctica común en el territorio mexicano, que se remonta al imperio azteca.

Durante la época colonial, esta práctica empezó a desaparecer siendo reemplazada por el sistema de encomiendas.

El **sistema de encomiendas** consistía en la asignación oficial por parte de la Corona Española, de un grupo de indígenas a un colonizador de elevado prestigio, para que trabajaran una gran extensión de tierras. Como retribución al trabajo no recibían un sueldo, sino vivienda, alimentación y en ocasiones algo de educación.

Poco a poco las encomiendas, fueron evolucionando a **haciendas**, complejos socioeconómicos autosuficientes, que se encontraban formados por un núcleo poblacional denominado *Casco* o *Casa Grande*, en la que vivía el hacendado con toda su familia. Alrededor existían otras casas más modestas, destinadas al personal de confianza. También era común la existencia de una *capilla*, en la que se ofrecían los servicios religiosos a todos los habitantes de la propiedad; *eras* para el almacenamiento y la molienda del grano, y por último, *establos*



para los animales.

Estos sistemas, provocaron un cambio drástico respecto a la antigua distribución del territorio mexicano que pasó de estar protagonizado por tierras comunales pertenecientes a todo el pueblo, a la conformación de grandes latifundios con un único dueño, alejando a la mayor parte de la población de la posibilidad de poseer tierras.

El sistema de encomiendas fue abolido en la Constitución de 1917 bajo la promesa de establecer un **sistema de ejidal**, cuya base consistía en el reparto de tierras a los pequeños agricultores. Sin embargo, esto no sucedió hasta la presidencia de Lázaro Cárdenas, en 1934, cuando se inició la Reforma Agraria. Gracias a ella, durante el sexenio del general Lázaro Cárdenas del Río se repartieron 18 millones de hectáreas a las comunidades y ejidos. La unidad básica de la de reforma eran los **ejidos**, dotación de tierras que se entregaban un núcleo de población para que las aprovechara de la manera que considerase más conveniente.

Además de la repartición de tierras y el financiamiento monetario, la Reforma Agraria incluía el establecimiento de un sistema educativo que permitiera la formación de profesionales técnicos que ayudaran al desarrollo de los ejidos.

En resumen, la gran diferencia con otros intentos de reformas anteriores, que se limitaban al reparto de tierras, es que en este caso, el objetivo final era, además de dar respuesta a la fuerte demanda popular plasmada en la Constitución de 1917, crear centros agrícolas competitivos.

Sin embargo, tanto el plan de formación técnica como el de financiación no lograron resarcir el retraso en el desarrollo de la agricultura del campo mexicano y solo se obtuvieron resultados en aquellas regiones fértiles y productivas.

Durante el siguiente período (1940-1946), el reparto agrario fue frenado y se emprendió una "contrarreforma" agraria, despojando nuevamente de las tierras recién obtenidas a algunos ejidatarios.

A raíz de la Reforma Legal promulgada el 6 de enero de 1992, por el entonces presidente Carlos Salinas de Gortari, se terminó con el reparto agrícola y se



inició la regularización de la tenencia de la tierra ejidal mediante el *Programa de Certificación de Derechos Ejidales y Titulación de Solares* (PROCEDE). Con este programa, además de otorgar la titularidad de la tierra a los ejidatarios, se regulan las tierras comunales. Este tipo de tierras, difieren de los ejidos principalmente en su origen. Las **tierras ejidales**, son aquellas que habiendo sido haciendas o encomiendas, han pasado a ser propiedad del pueblo de nuevo a partir de la Reforma Agraria. Sin embargo, aquellas tierras, como las serranías, que por su baja aptitud agrícola, no fueron nunca utilizadas para las haciendas o encomiendas y, por tanto, nunca dejaron de ser comunales, se mantienen con el mismo nombre. Actualmente a través del PROCEDE, se está regulando la situación legal de estas últimas, otorgando su titularidad a los Bienes Comunales de los distintos municipios a los que pertenecen.

En resumen, las propiedades en México pueden ser de tres tipos:

- a. Comunal
- b. Ejidal
- c. Pequeña propiedad o propiedad privada

Los dos primeros tipos de propiedad son inalienables e inexpropiables. La última modificación en la *Ley Agraria del 92* recoge la posibilidad de transformar los ejidos en pequeña propiedad, dando de esta forma a los ejidatarios, dueños oficiales de la propiedad, la posibilidad de vender sus terrenos legalmente. Sin embargo, casi nadie lo emplea y las tierras tanto ejidales como comunales, se venden sin títulos oficiales.

En Coixtlahuaca aún queda mucha superficie por regularizar, aunque poco a poco la situación va mejorando. La determinación de los límites exactos entre los municipios lleva asociada mucha problemática social por lo que sería muy importante que esta labor se terminara cuanto antes. Existen determinados indicios que indican que, dada la falta de minerales y de terrenos aptos para la agricultura en el distrito de Coixtlahuaca, la posible penetración europea fue exclusivamente por frailes dominicos sin ayuda de fuerzas militares.

Por ello, la mayoría del terreno corresponde a tierras comunales, aunque en algunas agencias, como San Miguel Azcatla, perteneciente al municipio de

Concepción Buenavista, hay ejidos. No existe la propiedad privada.



Fig 2. 22: Iglesia Dominicana en restauración, San Juan Bautista Coixtlahuaca
(Carlos Jiménez, 2010)

2.3.2.2 Sistema electoral

Las elecciones en el estado de Oaxaca, según queda recogido en la Constitución Mexicana, se realizan respetando en aquellos municipios, agencias o comunidades que lo deseen, la tradición de usos y costumbres.

Este sistema, del cual la población local está muy orgullosa, es conocido por algunos técnicos que trabajan en la zona como el “*Sistema de Abusos y Costumbres*” pues alegan que fomenta el caciquismo. El **sistema de usos y costumbres** implica que el representante político del pueblo no se elige de forma democrática, sino que se reúne una asamblea y determina en quien se va a delegar el poder. Los elegidos, normalmente, son personas ancianas, que el pueblo considera carismáticas y llenas de sabiduría.

Esta metodología electoral sólo es válida hasta el grado de presidente municipal, siguiendo a partir de ese escalón, el sistema de votación democrática normal: cada agencia selecciona un agente municipal; cada municipio un presidente del municipio; cada distrito un delegado de gobierno y éste trata



directamente ya con el gobernador del estado. Como se puede deducir, en lo que concierne a los sistemas electorales se utiliza la división política en municipios y distritos.

Las autoridades tienen la obligación de “rendir cuentas” ante la población y periódicamente se organizan “**Asambleas**” donde asisten todos los ciudadanos para ser informados de los cambios, mejoras o problemas del municipio, así como para tomar decisiones.

Existen **Asambleas de Ciudadanos**, donde todos tienen derecho a asistir y votar, y **Asambleas de Comuneros**. Los **Comuneros**, son aquellas personas con derecho a trabajar un terreno comunal perteneciente al municipio, normalmente previo pago de un impuesto denominado *predio*. El ser Comunero, da derecho a asistir a las Asambleas de Comuneros y votar sobre decisiones relacionadas con la tierra.

Para la vigilar que las decisiones tomadas en las Asambleas se cumplan existe el **Comisariado de Bienes Comunales**, siendo éste el organismo al que hay que acercarse para solicitar permiso para realizar cualquier actividad en los terrenos del municipio.

El hecho de que el terreno sea comunal implica que pertenece al pueblo y, por tanto, todos tienen derecho de utilizarlo y el deber de cuidarlo. Esto se traduce, en la mayoría de los casos, en que los habitantes pagan al ayuntamiento un pequeño impuesto denominado **predio** con el que obtienen el derecho de utilizar una porción determinada de tierra que se les asigna, pasando a ser Comuneros, como ya se indicó anteriormente. Además, en estos casos, cada familia tiene obligación de aportar un miembro siempre que haya que realizar cualquier labor de conservación en los terrenos, como cortas, claras, mantenimiento de las vías de comunicación, etc. A este trabajo para la comunidad se le denomina **tequio**.

2.3.2.3 Distrito de Coixtlahuaca - datos por municipio

En este apartado se incluye una breve descripción de la situación actual de los diferentes municipios del distrito de Coixtlahuaca. El análisis de la evolución de la población se refiere al periodo 1990-2005, ya que los censos demográficos



relativos al distrito de Coixtlahuaca se realizan cada cinco años y durante la realización de este PFC aún no se disponía de datos de 2010.

En todos ellos se observa un comportamiento muy semejante en lo relativo a los datos demográficos:

- Disminución paulatina de la población, fundamentalmente la masculina
- Debido a la posición de la mujer en la familia, el número de hombres es inferior al de mujeres ya que éstos son los primeros en migrar.

La cabecera del distrito es San Juan de Coixtlahuaca, cuyos datos demográficos más relevantes se muestran en la tabla 2.1. La información relativa al resto de municipios se presenta en la tabla 2.2.

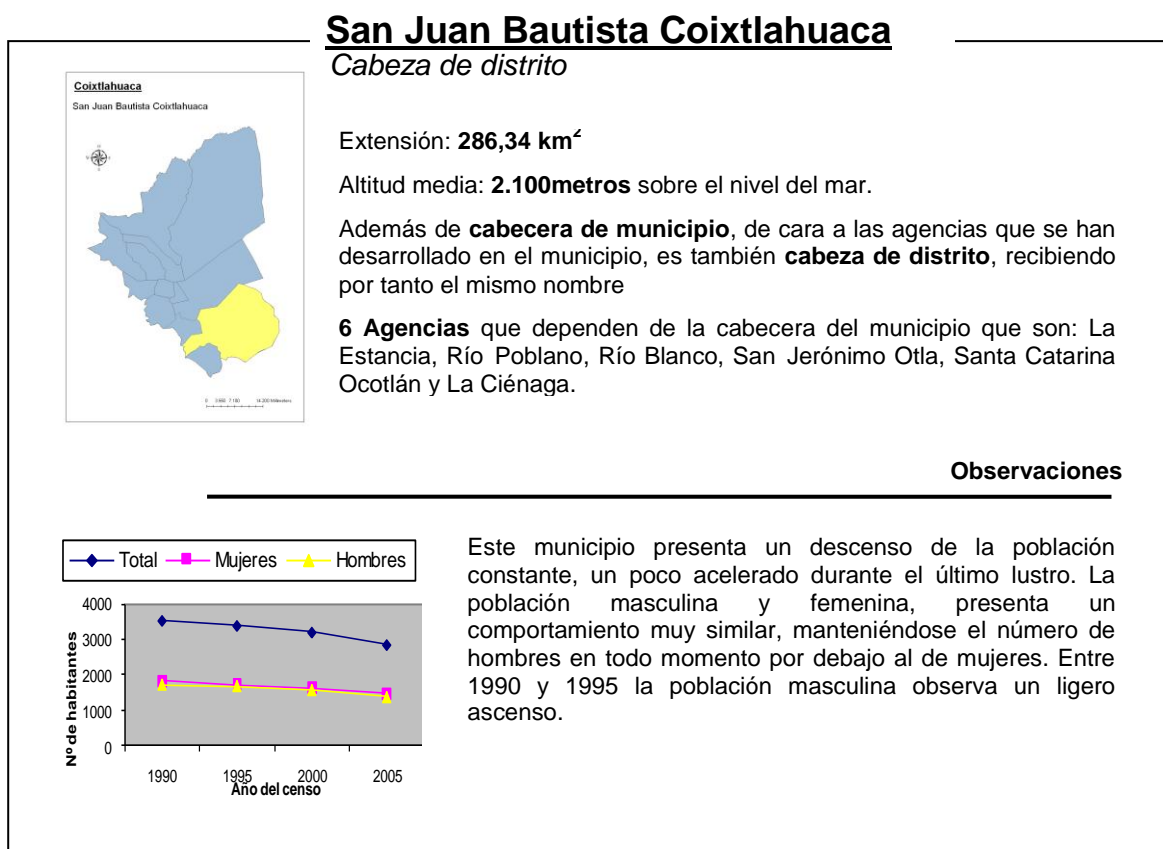


Tabla 2. 1: Datos demográficos de San Juan Bautista Coixtlahuaca
(INEGI)




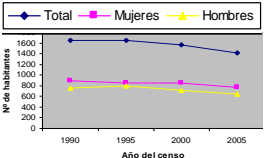
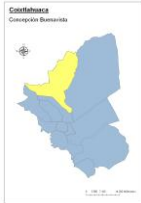
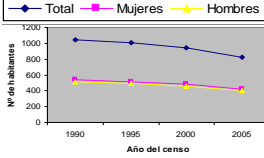

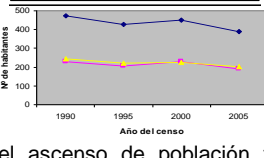

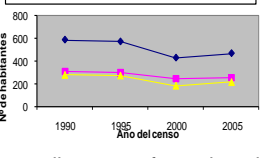

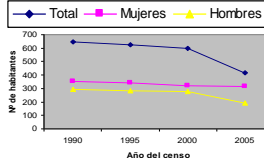

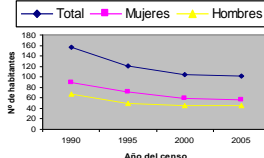

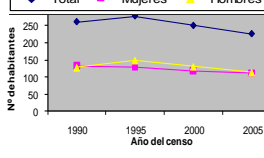

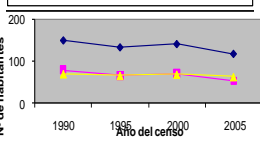

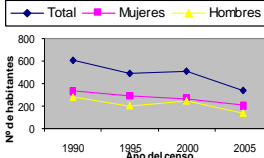

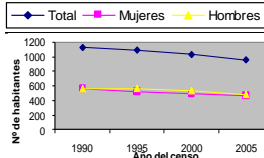
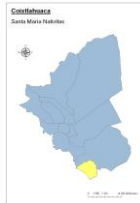
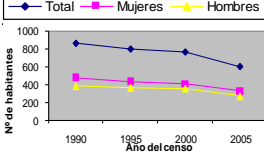
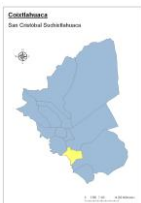
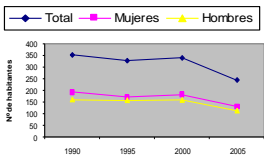
<p>Tepelmeme Villa de Morelos</p> <p>Extensión: 582,01 km² (mayor extensión) Altitud media: 2.060metros sobre el nivel del mar. 19 localidades, la mayoría de ellas muy pequeñas 7 Agencias:, El Rodeo, La Unión, Puerto Mixteco, Las Flores, La Torrecilla, Tierra Blanca y Mahuizapa.</p> <p>Observaciones</p> <p>Aún tratándose del municipio de mayor en superficie, ocupa el segundo lugar en términos demográficos quedando muy lejos del primero. Existe una marcada diferencia entre los hombres y las mujeres que no parece tener ninguna tendencia de reducirse.</p>  	<p>Concepción Buenavista</p> <p>Extensión: 229,11 km² Altitud media: 2.120metros sobre el nivel del mar. 4 Agencias que dependen de la cabecera municipal, con nombre idéntico al del propio municipio: San Miguel Aztatla, Santa Cruz Cofunda, El Enebro y Las Palmas.</p> <p>Observaciones</p> <p>El gráfico muestra el claro fenómeno migratorio, donde se observa que el número de habitantes disminuye, cada vez a una mayor velocidad. El número de mujeres, aunque en todos los censos por debajo del número de hombres, dado que la tendencia migratoria de estos es mayor, comienza a ser prácticamente el mismo en el último muestreo.</p>  	<p>San Francisco Teopan</p> <p>Extensión: 87,01 km² Altitud media: 2.200metros sobre el nivel del mar. 1 Agencia: Llano Grande.</p> <p>Observaciones</p> <p>Analizando el gráfico de forma global, en San Francisco Teopan se observa, a diferencia de los otros municipios de Coixtlahuaca, un aumento de la población en el periodo 1995-2000 que no llega a superar el umbral de 1990. Un análisis más detallado muestra que el ascenso de población fue exclusivamente femenino, siendo el número de mujeres superior al de hombres por primera vez en todo el periodo. La población masculina disminuye en todos los censos.</p>  	<p>Tlacotepec Plumas</p> <p>Extensión: 51,43 km² Altitud media: 2.120metros sobre el nivel del mar. Sin agencias.</p> <p>Observaciones</p> <p>Como en el resto de los municipios analizados hasta ahora, la tendencia de población es descendente, con un bajón muy importante entre 1995 y 2000 principalmente causado por un descenso en la población masculina. Es curioso, sin embargo, que durante el último quinquenio, la población, tanto masculina como femenina, tiende a aumentar. Al no disponer de datos del último censo, no se puede comprobar si esta tendencia se mantiene.</p>  
<p>Santiago Ihuitlán Plumas</p> <p>Extensión: 50,35 km² Altitud media: 2.145metros sobre el nivel del mar. Tiene varias localidades de con un total de 3 Agencias San Antonio Abad, La Mexicana y San Pedro. Sin "Plan municipal de Desarrollo 2010" publicado.</p> <p>Observaciones</p> <p>Los datos muestran el panorama típico de toda la región Mixteca: una población cada vez menor, con mayor número de mujeres que de hombres. Destacar el fuerte descenso de la población a lo largo de los últimos años, causado principalmente por la población masculina, ya que la tendencia femenina, aunque también ligeramente descendente, es suave y regular.</p>  	<p>Santa Magdalena Jicotlán</p> <p>Extensión: 33,78 km² Altitud media: 2.180metros sobre el nivel del mar. Sin agencias, sólo compuesta por la cabecera municipal.</p> <p>Observaciones</p> <p>La población sigue una curva descendente, aunque tiene en el último decenio a estabilizarse. El número de mujeres se mantiene en todo momento por encima del de hombres, pero a medida que pasan los años, ambos datos se acercan cada vez más.</p>  	<p>San Mateo Tlapiltepec</p> <p>Extensión: 19,75 km² Altitud media: 2.200metros sobre el nivel del mar. Tiene 1 localidad que es considerada Agencia, siendo, por tanto, la cabecera de municipio la única con categoría administrativa.</p> <p>Observaciones</p> <p>Al principio se observa un ascenso de la población, especialmente marcado en el sector masculino, que no se ve en ningún otro municipio del distrito. La población femenina, atípicamente por debajo de la masculina, mantiene un descenso mucho más lento que en el caso de los hombres, por lo que probablemente, en el censo 2010, ya sea superior el número de hombres que el de mujeres.</p>  	<p>Santiago Tepetlapa</p> <p>Extensión: 12,95 km² Altitud media: 2.160metros sobre el nivel del mar. Además de la cabecera de municipio, cuenta con 4 localidades, ninguna de las cuales es agencia: San José Buenavista, El Calvario, Xanda y Arroyo Peral.</p> <p>Observaciones</p> <p>La población presenta una tendencia al descenso, aunque con un ligero aumento en el periodo 1995-2000, tanto en la población de hombres como de mujeres. La tendencia al descenso en la población femenina es en este municipio más elevada que la de la población masculina. Por ello, aunque en 1990 el número de mujeres fuera superior al de hombres, en el 2005 se registra mayor número de hombres que de mujeres.</p>  
<p>San Miguel Tulancingo</p> <p>Extensión: 48,55 km² Altitud media: 2.200metros sobre el nivel del mar. No hay ninguna agencia; las localidades de mayor importancia son Buenavista y Capulín.</p> <p>Observaciones</p> <p>La población presenta dos descensos bruscos, el primero entre 1990 y 1995 y el segundo entre el 2000 y 2005. A pesar de que la población femenina descende en ambos casos, lo hace de forma uniforme durante los quince años analizados. Por el contrario, la población masculina es la causante de los saltos descritos líneas anteriores.</p>  	<p>San Miguel Tequixtepec</p> <p>Extensión: 210,04 km² Altitud media: 2.020metros sobre el nivel del mar. 9 localidades, de las cuales 3 han obtenido la categoría de agencias: Guadalupe Nata, San Martín de Palo Solo y Santa Cruz Capula Ipam.</p> <p>Observaciones</p> <p>La población de Tepelmeme, presenta una curva ligeramente decreciente, con una población masculina y femenina prácticamente igual. Aunque entre 1990 y 1995 la población masculina aumenta ligeramente, la femenina la compensa descendiendo, de manera que la población total se mantiene casi igual aunque con un ligero descenso.</p>  	<p>Santa María Nativitas</p> <p>Extensión: 43,52 km² Altitud media: 2.700metros sobre el nivel del mar. 2 Agencias: San Pedro Buenavista y San José Monte Verde.</p> <p>Observaciones</p> <p>Se observa un panorama típico, similar al que nos hemos encontrado en la mayoría de los casos. La población femenina superior a la masculina. Ambas con tendencia decreciente. De nuevo, un ligero ascenso de la población masculina entre 1995 y 2000, pero no el suficiente como para que la población total deje de decrecer. En general el comportamiento de la población de ambos sexos, es similar.</p>  	<p>San Cristóbal Suchixtlahuaca</p> <p>Extensión: 33,09 km² Altitud media: 2.080metros sobre el nivel del mar. 7 localidades, sin embargo, ninguna de ellas está actualmente reconocida como Agencia.</p> <p>Observaciones</p> <p>La población decrece, especialmente a lo largo de los últimos cinco años, donde la bajada del número de habitantes reflejado por igual en la población masculina y femenina, queda especialmente marcado. El comportamiento de ambos extractos de la población es muy similar.</p>  

Tabla 2. 2: Datos demográficos de los municipios del Distrito de Coixtlahuaca (INEGI)



A partir de este desglose demográfico por municipios y censos, queda claro que en todos los casos la población se está reduciendo aunque en algunos casos más velozmente que en otros. Aunque las causas de esta migración, son analizadas en las encuestas realizadas, se hace a modo general de distrito y no localmente ya que el comportamiento en todos es similar. La causa principal del descenso es la migración a otros estados en busca de trabajo.

2.3.3 Marco político e institucional

Existen una gran cantidad de programas, tanto de carácter estatal como federal, que intentan ofrecer soluciones a los problemas del medio rural mexicano.

En la elaboración de este proyecto se ha considerado muy importante el análisis de alguno de ellos, tanto de lo que ofrecen, como de las posibilidades de acceder a ellos por la población local.

En el apartado de encuestas se hace un análisis de la visión actual de la población con respecto a estos programas.

A continuación se explican en qué consiste cada uno de ellos y, en los más importantes se analizan las posibilidades reales de obtener las ayudas.

2.3.3.1 Programas de ayuda gubernamentales

- **SAGARPA**

La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) es una dependencia del Poder Ejecutivo Federal que tiene entre sus objetivos propiciar el ejercicio de una política de apoyo que permita producir mejor, aprovechar mejor las ventajas competitivas del sector agropecuario, integrar las actividades del medio rural a las cadenas productivas del resto de la economía y estimular la colaboración de las organizaciones de productores, con programas y proyectos propios, así como con las metas y objetivos propuestos para el sector agropecuario en el Plan Nacional de



Desarrollo. (www.sagarpa.gob.mx)

Las actividades de la SAGARPA quedan encuadradas a través de ocho programas de actuación recogidos en las *Reglas de Operación de los Programas de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación*, publicadas en el Diario Oficial Federal.

I. Programa para la Adquisición de Activos Productivos

Componentes:

- Agrícola,
- Ganadero,
- Desarrollo Rural,
- Acuicultura y Pesca.

II. Programa de Apoyos Directos al Campo (PROCAMPO para Vivir Mejor)

III. Programa de Inducción y Desarrollo del Financiamiento al Medio Rural (PIDEFIMER)

Componentes:

- Apoyo a Intermediarios Financieros,
- Apoyos a Instrumentos de Inducción y Desarrollo del Financiamiento.

IV. Programa de Uso Sustentable de Recursos Naturales para la Producción Primaria

Componentes:

- Conservación y Uso Sustentable de Suelo y Agua (COUSSAPESA),
- Recursos Biogenéticos y Biodiversidad,
- Reconversión Productiva,
- Acuicultura y Pesca,
- Programa Ganadero (PROGAN).

V. Programa de Atención a Problemas Estructurales (Apoyos Compensatorios)

Componentes:

- Diesel Agropecuario,



- Marino y Gasolina Ribereña,
- Apoyo al Ingreso Objetivo,
- Apoyo al Ordenamiento del Mercado y para Adquisición de Coberturas.

VI. Programa de Soporte

Componentes:

- Sanidades e Inocuidad,
- Sistema Nacional de Información para el Desarrollo Rural Sustentable (SNIDRUS),
- Asistencia Técnica y Capacitación,
- Innovación y Transferencia de Tecnología,
- Planeación y Prospectiva,
- Desarrollo de Mercados,
- Promoción de exportaciones y ferias,
- Inspección y Vigilancia Pesquera y Acuícola.

VII. Programa de Atención a Contingencias Climatológicas (PACC), y

VIII. Programa de Fortalecimiento a la Organización Rural (Organízate)

Componentes:

- Apoyo a Organizaciones Sociales,
- Sistemas Producto.

Es importante resaltar que la SAGARPA ha habilitado la página web <https://www.suri.sagarpa.gob.mx/> que, identificando un programa, ofrece información sencilla y comprensible de los requisitos para acceder a él. Sin embargo, encontrar la página no es tarea fácil y, además, se necesita saber el nombre del programa para poder conocer los detalles del mismo.

De todos los programas anteriormente descritos, los más interesantes desde el punto de vista de los objetivos de este proyecto son los dos primeros, el cuarto, el quinto y el séptimo, por lo que se han analizado en mayor detalle. En cada caso, aparece entre paréntesis el artículo correspondiente a cada Programa en las *Reglas de Operación de los Programas de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación*.



I. **Adquisición de Activos Productivos (Artículo 13)**

Este programa, se conoce comúnmente como “Alianza para el campo” dado que este era su nombre anterior. Su objetivo es facilitar a los productores primarios material estratégico para llevar a cabo el aprovechamiento del suelo. Lo más común son tractores, sembradoras, invernaderos, plantas forestales, sistemas de riego, ganado...Viene definido específicamente lo que se considera como material estratégico en el II.3.1 de las Reglas, no incluyendo como tal ni la compra de Tierras, ni de maquinaria de segunda mano. Para más información sobre este programa, las cantidades que subvenciona y sus requisitos, ver Anexo II.

II. **Programa de Apoyos Directos al Campo (PROCAMPO para Vivir Mejor)**

El programa PROCAMPO empezó en 1994. Aquel año se abrió un registro y se estableció un plazo determinado para que todo aquel que quisiera, sin tener que cumplir ningún otro requisito más que los trámites burocráticos, relativamente sencillos y consistentes, fundamentalmente, en acreditar el predio sobre las tierras.

Las ayudas sólo están destinadas a ciertos cultivos caracterizados como lícitos, principalmente oleaginosas y grano. En lo que afecta a este proyecto, dada la zona de estudio, los cultivos lícitos son el maíz, el trigo y el frijol.

El motivo de la creación de este programa se remonta a los años ochenta. En esta época, el Estado con el fin de estabilizar el precio de los granos y oleaginosas, estableció un *precio de garantía*. Ello suponía que el Estado compraba a dicho “precio de garantía” un porcentaje suficiente de la cosecha a todos los agricultores. Con el establecimiento del TLCAN (Tratado del Libre Comercio en América del Norte) firmado entre México, Canadá y EEUU en 1994, desapareció el precio de garantía. Con el fin de apoyar a los productores mexicanos y facilitarles el cambio, nació este Programa de Apoyos Directos al Campo, también conocido como Procampo, que instrumentado a finales del año 1993.

El objetivo oficial de este programa es mejorar el nivel de ingreso de las



familias rurales, principalmente de aquellos productores que destinan su producción al autoconsumo y que por no comercializar su cosecha se encontraban al margen de los sistemas de apoyo anteriores.

El apoyo económico que se recibe en Procampo es por área cultivada, independientemente de la productividad de la tierra y de si el destino de la cosecha es el autoconsumo o la comercialización.

IV. Programa de Uso Sustentable de Recursos Naturales para la Producción Primaria. (Artículo 16)

Los apoyos de este programa, se otorgan para la realización de obras, prácticas, servicios y acciones que faciliten un aprovechamiento sostenible de los recursos naturales para la producción primaria y sus procesos de transformación, que tengan como consecuencia mejorar la capacidad de respuesta de las unidades de producción ante los factores que afectan sus actividades productivas, tales como: las características agroecológicas de escasez de agua o de fragilidad de las tierras de la región donde se ubican; así como por el nivel de erosión genética y el riesgo de extinción de la variedad botánica y/o especie, además de los desechos orgánicos que puedan dañar al medio ambiente.

En Coixtlahuaca se han realizado muchas actuaciones, en especial con el componente COUSSA-PESSA de este programa. Estas actuaciones son generalmente bordos, terrazas, surcos... También, hay algunos sectores de la población que se benefician de los apoyos por vientre de ganado de la componente PROGAN. Sin embargo, se trata aún de una minoría dado que dicha componente lleva muy poco tiempo en vigor. Los beneficiarios de este último tipo de ayuda deben hacer un compromiso de reforestación y de toma de medidas para la conservación de los suelos. Para más información sobre este programa, las cantidades que subvenciona y sus requisitos, ver Anexo II.



V. Programa de Atención a Problemas Estructurales (Apoyos Compensatorios). (Artículo XVIII)

Aunque este programa tiene diferentes objetivos de trabajo, el más interesante teniendo en cuenta la situación actual de Coixtlahuaca es el compensar las deficiencias estructurales de los procesos productivos y de comercialización en el sector agropecuario y pesquero, facilitando el acceso de productores agropecuarios y pesqueros a los energéticos a precios competitivos

De forma práctica, se trata de apoyos para la compra de diesel y gasolina destinados a actividades agropecuarias y pesqueras. Como condición, los beneficiarios deben estar inscritos en el “Padrón de Beneficiarios de Energéticos Agropecuarios” integrado por la Secretaría. Solo se admitirán nuevas solicitudes cuando haya bajas o renunciaciones en este Padrón ya que, por ahora, está completo.

En el distrito de Coixtlahuaca se benefician de este programa, recibiendo dos pesos mexicanos por cada litro de combustible.

VII. Programa de Atención a Contingencias Climatológicas (PACC) (Artículo 19)

El objetivo de este programa es proporcionar una salida a los agricultores, en el caso de que pierdan sus cosechas por algún fenómeno meteorológico atípico.

El programa antes era conocido como FAPRACC (Fondo de Apoyo a Productores Rurales Afectados por Contingencias Climatológicas), por lo que en mucha bibliografía este nombre se mantiene.

En los Anexos de las Reglas de Operación referentes a este programa, se definen los fenómenos ambientales que se consideran contingencias.

• SEMARNAT - CONAFOR

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) es la dependencia del gobierno que tiene como propósito fundamental “*fomentar la*



protección, restauración y conservación de los ecosistemas naturales y bienes y servicios ambientales con el fin de propiciar su aprovechamiento y desarrollo sustentable” (Ley Orgánica de la Administración Pública, Artículo 32 bis reformada en el DOF del 25 de Febrero de 2003).

La SEMARNAT, para lograr los objetivos para los que fue creada, es asistida por la Comisión Nacional Forestal (**CONAFOR**).

La Comisión Nacional Forestal, creada por decreto presidencial el 4 de abril del 2001, es un organismo público descentralizado cuyo objetivo es desarrollar, favorecer e impulsar las actividades productivas, de conservación y restauración en materia forestal, así como participar en la formulación de planes, programas y aplicación de la política de desarrollo forestal sustentable. La CONAFOR, es la encargada de organizar el programa de reforestaciones más importante de México, y que paralelamente está teniendo un gran impacto en Coixtlahuaca: Proárbol. (www.conafor.gob.mx)

I. Proárbol

ProÁrbol es el principal programa federal de apoyo al sector forestal que ordena en un solo esquema el otorgamiento de estímulos a los poseedores y propietarios de terrenos para realizar acciones encaminadas a proteger, conservar, restaurar y aprovechar de manera sustentable los recursos en bosques, selvas y zonas áridas de México.

Esto está regulado bajo reglas de operación y a través de una convocatoria anual en la que se establecen los requisitos, plazos y procedimientos para la asignación y entrega de recursos a los beneficiarios.

Proárbol establece diferentes conceptos de apoyo, según los requerimientos de cada lugar y hacia donde se quiera dirigir su gestión y así los diferentes conceptos de apoyo existentes son:

A. Desarrollo forestal

A.1 Estudios forestales:



- Manifestación de impacto ambiental particular o regional
- Programa de manejo forestal maderable
- Estudios técnicos para el aprovechamiento de recursos forestales no maderables y
- Plan de manejo de vida silvestre)

A.2 Silvicultura:

- Cultivo forestal en aprovechamientos maderables
- Prácticas de manejo para aprovechamientos no maderables y de la vida silvestre y
- Apoyo al manejo sustentable de zonas resineras

A.3 Plantaciones forestales comerciales

B. Conservación y restauración

B.1 Reforestación y suelos:

- Reforestación
- Mantenimiento de áreas
- Protección de áreas reforestadas,
- Conservación y restauración de suelos y
- Mantenimiento de obras y prácticas de conservación de suelos

B.2 Servicios ambientales:

- Hidrológicos y
- Biodiversidad

C. Competitividad

C.1 Infraestructura forestal:

- Adquisición de equipo y maquinaria y
- Caminos forestales

C.2 Fortalecimiento empresarial comunitario:



- Ordenamiento territorial comunitario
- Elaboración o modificación de reglamentos internos o estatutos comunales
- Evaluación rural participativa
- Formulación y evaluación de proyectos de inversión y
- Constitución y registro legal de empresas forestales comunitarias)

C.3 **Certificación forestal:**

- Auditoría técnica preventiva
- Certificación forestal nacional e internacional y
- Cadena de custodia

Para cada uno de estos conceptos de apoyo, hay definida un área prioritaria de forma que el programa nunca actúa fuera de las zonas catalogadas como tales. En el caso del distrito de Coixtlahuaca, todo el territorio está incluido en zona prioritaria por algún concepto u otro, por lo que todas ellas son susceptibles de recibir las ayudas.

Como es predecible, la mayoría de la superficie está incluida en el concepto de apoyo B en sus diferentes posibilidades. Casi la totalidad del distrito está incluido en el concepto B.1.1 “Reforestación” como se puede observar en el mapa de la izquierda de la figura 2.23. Para el resto de componentes relacionadas con las reforestaciones del concepto de Apoyo B.1, es requisito indispensable que en años anteriores (independientemente de áreas elegibles) hayan realizado alguna reforestación y que no mantengan ninguna deuda dentro de la CONAFOR.

También gran parte de la superficie queda incluida en B.1.4 “Conservación y Restauración de suelos”, como se puede ver en el mapa de la derecha de la figura 2.23.

Con la suma de estos dos mapas, queda cubierta toda la superficie del distrito objeto de estudio, corroborando, como se indicó en líneas anteriores, que todo el distrito es considerado área prioritaria por un concepto u otro.

Gran parte de la zona de estudio, queda contemplada también como prioritaria para el otro concepto del grupo B, **Servicios ambientales**, como se observa en

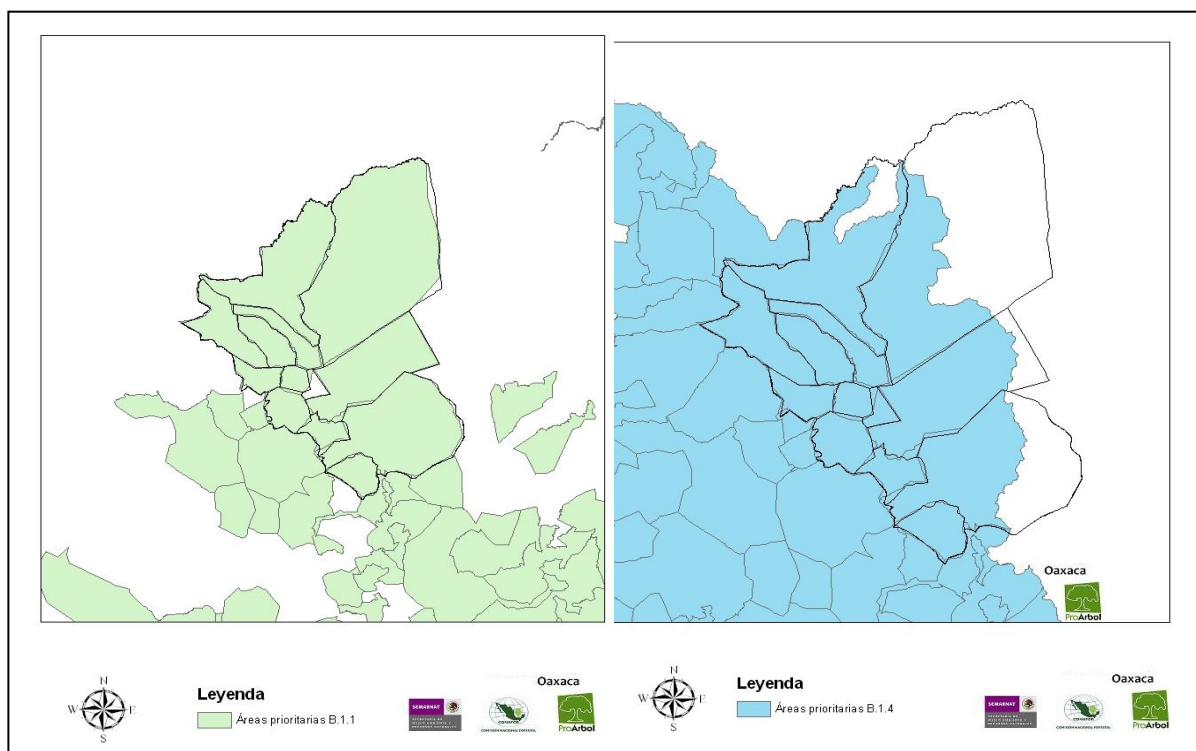


Fig 2. 24: Coixtlahuaca - Áreas prioritarias Proárbol 2010

www.conafor.gob.mx

el mapa de la figura 2.24.

Las zonas del noreste están incluidas en la Reserva de la Biosfera de Tehuacan-Cuicatlán razón por la que son prioritarias con el concepto de para el B.2 con el concepto de Biodiversidad

Por supuesto, es posible solicitar apoyos de dos o más conceptos de apoyo diferentes siempre y cuando sea elegible para todos los apoyos y no se duplique el recurso en la misma superficie para el mismo fin.. También hay algunos conceptos de proyecto para los que ningún

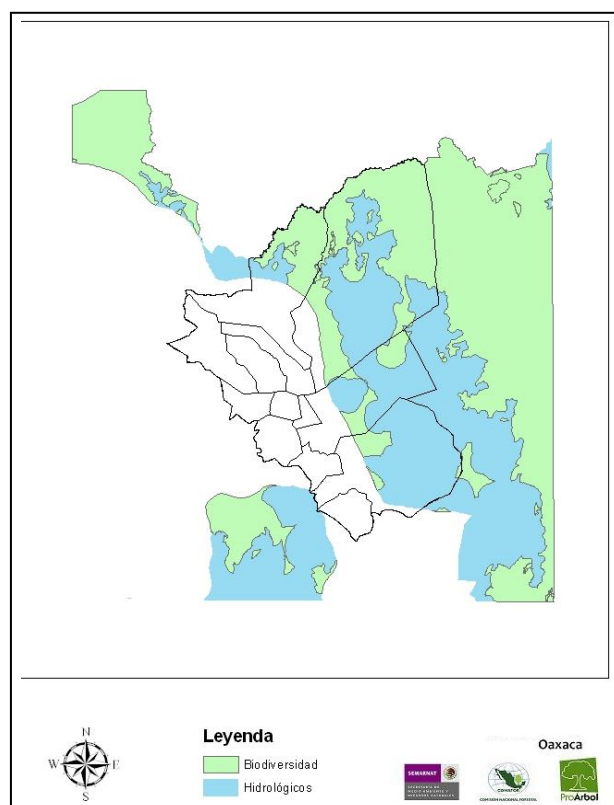


Fig 2. 23: Coixtlahuaca - Áreas prioritarias Proárbol 2010

www.conafor.gob.mx



municipio de Coixtlahuaca queda dentro del área prioritaria. Es el caso de “Cultivo forestal en aprovechamientos maderables”, “Apoyo al manejo sustentable de zonas resineras”, y “Plantaciones forestales comerciales”.

El concepto de apoyo C “Competitividad” no se concede en ningún municipio del estado de Oaxaca. El motivo, es que esta parte del Programa Proárbol pretende completar la labor de otro programa de la CONAFOR, **Procymaf**.

El **Profymaf** solo funciona en determinados estados, pobres y marginados, entre ellos Oaxaca. En aquellos estados donde está en marcha este programa, no se reciben ayudas con concepto de apoyo tipo C de Proárbol que, generalmente están dirigidos a productores tipo III y tipo IV (Productores de materias primas forestales y Productores con capacidad de transformación y comercialización, respectivamente), que son comunidades con un mayor grado de organización y de desarrollo forestal. (ver Anexo II para más información de Procymaf).

A partir de todos aquellos proyectos para los que se haya completado la fase burocrática, entregando toda la documentación necesaria, se hace un listado y a cada proyecto se le asigna una puntuación según un sistema de calificaciones establecido. Una vez ordenados los proyectos de mayor a menor calificación, se realizan todos los que es posible hasta que se termina el presupuesto. Un análisis detallado de las posibilidades de Coixtlahuaca para obtener estos apoyos, se encuentra en el Anexo II del presente proyecto.

• SEMARNAT – CONANP

La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) inició actividades el 5 de junio del 2000, como órgano desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), encargado de la Administración de las Áreas Naturales Protegidas.

Reserva de la biosfera Tehuacan-Cuicatlán

El origen de la reserva se remonta a 1996 cuando se construyó la carretera estatal poniendo en peligro zonas naturales únicas, constituidas por una variedad sin fin de cactáceas.

En 1998 se constituyó la Reserva como una ambiciosa medida de protección para intentar evitar así la apertura de nuevas vías de comunicación a través de espacios vírgenes y para garantizar la conservación de los mismos.



Fig 2. 25: Reserva de la biosfera Tehuacán-Cuicatlán

(www.parkswatch.org)

Como en el resto de Áreas Naturales Protegidas, es la CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas), la encargada de la gestión de la Reserva. En el Decreto del 18/09/1998, por el que la Reserva se declara como tal, se establece que La Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca formulará el programa de manejo de la reserva de la biosfera "Tehuacán-Cuicatlán", conforme a ciertas directrices establecidas en el propio Decreto.

Por el momento, hasta que se termine de realizar el Plan de manejo, hay unas ciertas prohibiciones y directrices generales de carácter preventivo establecidas en el propio Decreto, y así, dentro de la reserva de la biosfera "Tehuacán-Cuicatlán" queda prohibido contaminar, influir en los flujos hidráulicos, cualquier tipo de dragado, la caza sin autorización e introducir o extraer especies vivas o



mueratas de la zona.

Las actividades agropecuarias y forestales podrán realizarse por las comunidades que ahí habiten, siempre y cuando sean compatibles con los objetivos, criterios y programas de aprovechamiento sustentable y con la vocación de terrenos, considerando las previsiones de los programas de ordenamiento ecológico que resulten aplicables.

Cualquier obra o actividad pública o privada que se pretenda realizar dentro de la zona declarada reserva, deberá seguir el plan de manejo que sea establecido para la misma y someterse a un estudio de impacto ambiental.

En la ejecución de las acciones de conservación y preservación del área se respetarán los usos, tradiciones y costumbres de los grupos indígenas que la habitan y, en su caso se concertarán con ellos las acciones para alcanzar los fines perseguidos.

En el mapa de la figura 2.25, se pueden observar los límites de la Reserva, cuyo territorio pertenece en parte a Oaxaca y en parte a Puebla.

La delimitación de las zonas que quedan dentro del distrito de Coixtlahuaca, al no haberse digitalizado aún los límites, se hizo a partir del Decreto de la Reserva, donde estaban los diferentes hitos. (ver figura 2.26). La parte de la Reserva que pertenece a Coixtlahuaca se define a partir del hito número 99 y hasta el 131.

.Así, los municipios de Tequixtepec y Tepelmeme, quedan incluidos en su totalidad, además de parte del municipio de San Juan Bautista Coixtlahuaca y en Concepción Buenavista, únicamente una de sus agencias, Aztlala.

Sin embargo, el trabajo de la Reserva no se limita a las zonas incluidas en la zona protegida, sino que han definido un área de influencia alrededor del perímetro donde las labores que realizan son muy similares a las del interior de la reserva.

Por ahora, las actuaciones que está llevando a cabo en la reserva, persiguen sobre todo la conservación de suelo, ya que sin él los demás trabajos carecen de sentido.

Para esto existen dos caminos: las obras de conservación y las reforestaciones. Dado que aún no disponen de planta autóctona, optan por el lado de las obras. Hacen por tanto muchas terrazas, gaviones y bordos.

Entre los proyectos que se están llevando a cabo actualmente en el distrito de Coixtlahuaca destacan:

1. En primer lugar la construcción de viveros de ágaves de maguey para tequila. El objetivo es que la población se abastezca de éstos para su producción de tequila, sin ejercer presión sobre los silvestres. En el vivero, también se intentan sacar adelante otras cactáceas autóctonas para intentar reforestar con ellas, pero el proyecto por ahora está en fase experimental.
2. Por otro lado, en Tequixtepec hay otro vivero de planta autóctona donde trabajan sobre todo mujeres. Son plantas como el huizache, el guaje, el enebro...características de la región.
3. En el vivero de Coixtlahuaca, se cultiva encino y enebro, con objetivos similares a los anteriores, conseguir reforestaciones de planta autóctona en lugar de pino.

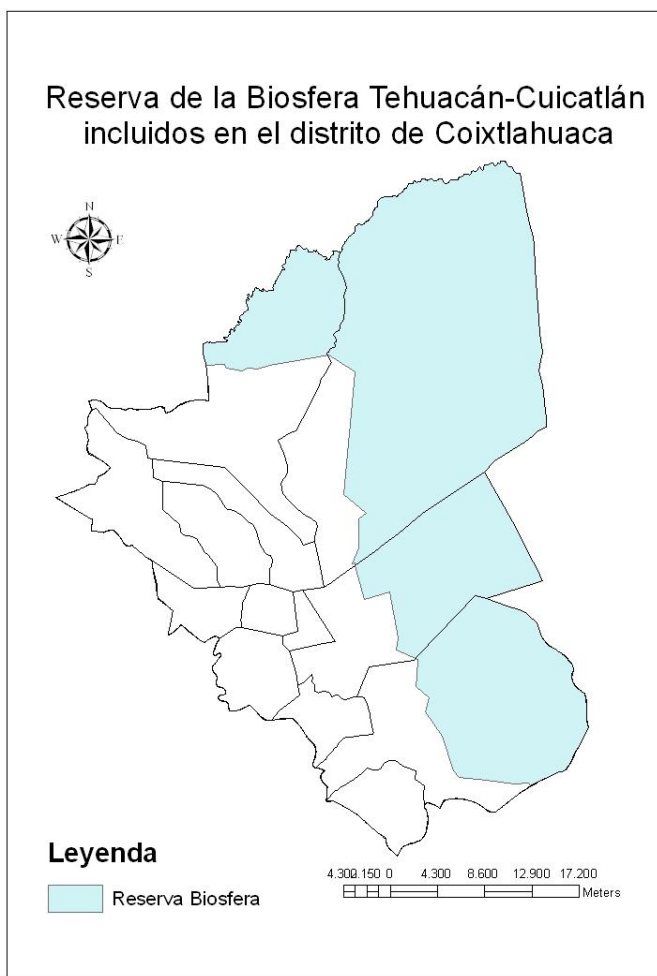


Fig 2. 26: Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán
(M^a Jesús Serra, 2010)



4. Por último y dada la escasa infiltración de suelo y las consecuentes pérdidas de agua por escorrentía, construyen cisternas encima de los techos de las casas para almacenarla y disponer de ella cuando se necesite.

Entre los problemas más importantes con los que tienen que enfrentarse destacan:

- la caza furtiva del venado de cola blanca en el municipio de Tepelmeme
- la presión ejercida por la tala incontrolada para leñas. Ahora mismo sacar más de 3m³ de madera es delito federal. A parte del problema de deforestación que la tala supone, en el encino, una de las especies predilectas para hacer leña, viven una gran cantidad de orquídeas, que son víctimas indirectas de este proceso.

En el Anexo IV, entrevista 14, aparece más información de la reserva, obtenida de su representante en San Juan Bautista Coixtlahuaca.

- **Secretaría de la Reforma Agraria (SRA)**

La Secretaría de la Reforma Agraria tiene como uno de sus propósitos el impulso del desarrollo rural y acelerar la incorporación de las familias campesinas al desarrollo productivo del país. (www.sra.gob.mx)

Para ello financia proyectos productivos en ejidos y comunidades a través de sus programas Fondo de Apoyo para Proyectos Productivos en Núcleos Agrarios (FAPPA), Programa de la Mujer en el Sector Agrario (PROMUSAG) y Joven Emprendedor Rural y Fondo de Tierras. En Anexos II se expone más información sobre estos programas.

2.3.3.2 Programas de ayuda No gubernamentales

- **Fundación AYU**

El Instituto para el Desarrollo de la Mixteca, A.C. (IDM), como parte de la Fundación Ayú, A.C., es una asociación civil no gubernamental, no religiosa, no



lucrativa y apartidista, constituida en 1998, pero con acciones desde 1993, cuya misión es promover y procurar el desarrollo integral y sustentable de la población cuyas condiciones sean de pobreza y marginación.

De ahí que, a través de sus cuatro programas estratégicos y líneas de acción, las actuaciones se centren principalmente en una región expulsora de mano de obra, como lo es la Región Mixteca, que comprende los estados de Oaxaca, Puebla y Guerrero, contemplando también otras regiones definidas como zonas de influencia, que incluyen Valles Centrales, Costa e Istmo en el estado de Oaxaca.(www.fundacionayu.org)

Ofrece diferentes posibilidades que abarcan desde temas de asesoría técnica, a acciones productivas y de desarrollo social.

Sus programas, de ámbitos muy diferentes, incluyen uno de construcción de invernaderos para la producción de tomate, que está teniendo bastante éxito en la zona, existiendo ya varios en funcionamiento.

Sin embargo, este no es el papel más importante de la Fundación Ayu en el distrito de Coixtlahuaca. La Fundación Ayu, hace de nexo de unión entre la población y sus necesidades con los programas gubernamentales que se han venido explicando hasta ahora. Es un organismo clave a la hora de canalizar los recursos estatales, ya que no solo informa a los habitantes de la existencia de los programas y de cómo acceder a ellos con éxito, sino que además, hace un seguimiento de los recursos, comprobando que se cumplan los fines para los que han sido destinados.

Esto ha hecho, que a lo largo del tiempo, hayan establecido una serie de comunidades que funcionan y responden bien, con ganas de trabajar y mejorar sus condiciones de vida y que confían en ellos.

2.3.4 Infraestructura y comunicaciones

Las condiciones de vida son muy diferentes entre las cabeceras de municipio y las agencias municipales o policiales. Las viviendas en las cabeceras de municipio están construidas fundamentalmente de ladrillo, adobe o piedras de la cantera, siendo el suelo generalmente de tierra o cemento en los mejores casos. En aproximadamente la mitad de los hogares se dispone de agua corriente y luz eléctrica. Para cocinar, en muchos hogares, las estufas de leña



se han sustituido por el gas natural. Aún así, las estufas de leña se emplean en aproximadamente un 50 % de los hogares.



Fig 2. 28: Tienda, San Antonio Abad, agencia de Santiago Ihuatlán Plumas
(Elena Herrero, 2010)

En las agencias, especialmente en las más alejadas como Las Palmas y Santa Catarina Ocotlán la situación cambia radicalmente. En sus hogares, contruidos de madera, raramente disponen de luz

eléctrica o de agua corriente y aunque en las viviendas más afortunadas disponen de una letrina en el jardín, lo más normal es que se empleen las letrinas comunitarias. Todas las cocinas son de leña, con la consiguiente presión sobre este recurso en las zonas cercanas a estos asentamientos.



Fig 2. 27: Vivienda en Santa Catarina Ocotlán, agencia de San Juan Bautista Coixtlahuaca
(M^a Jesús Serra, 2010)

Con respecto a las vías de comunicación, hay que destacar una carretera recién construida denominada por la población local “la supercarretera”, que recorre el distrito de norte a sur. (ver figura 2.29)

Esta carretera, con dos carriles, uno para cada sentido, un amplio arcén y cunetas para el desagüe, fue construida en 1996 y ha cambiado la vida de muchos habitantes de los municipios, especialmente de los más cercanos a la

misma, dado que el tránsito de viajeros ha abierto nuevas posibilidades económicas en la zona.

El aspecto más negativo, es que atraviesa una gran parte de lo que hoy es Reserva de la biosfera de Tehuacan-Cuicatlán y, por tanto su construcción supuso un importante deterioro en paisajes anteriormente inalterados y la pérdida de un importante número de especies vegetales únicas.

Además de la supercarretera, el resto de vías, se encuentran en estado aceptable gracias a los tequios, de los que se habló anteriormente. Aunque algunas de ellas están asfaltadas, no es el caso de la mayoría, que son caminos sin asfaltar, de tierra o de ripio.

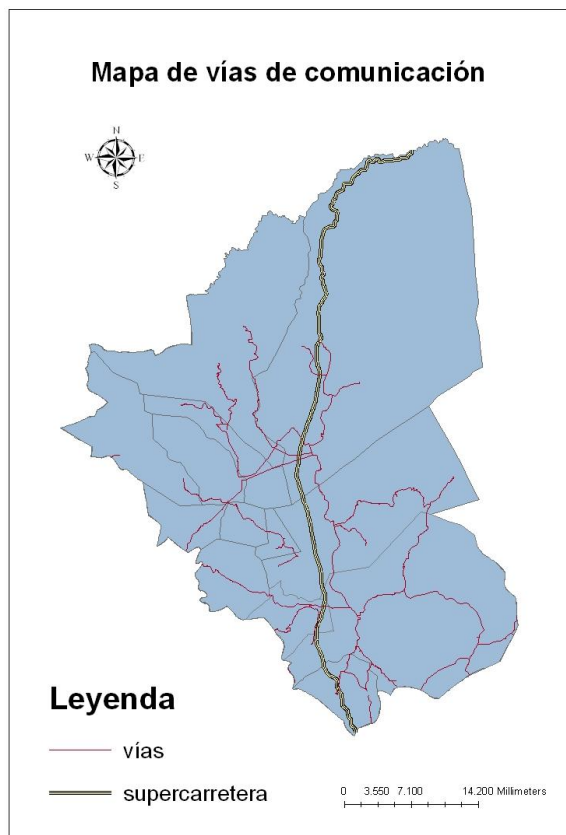


Fig 2. 29: Red viaria
(M^a Jesús Serra, 2010)



Fig 2. 30: Camino sin asfaltar en San Miguel Tulancingo
(M^a Jesús Serra, 2010)

Respecto a infraestructuras para riego, existe una gran cantidad de obras destinadas a la retención de agua distribuidas por todo el distrito, además de acequias para trasladar el agua hasta los cultivos. Gran parte de ellas fueron construidas



por la Comisión del Papaloapan durante la década de los 70. Sin embargo, el estado de las mismas no es muy bueno y, algunas han llegado hasta a perder su funcionalidad. En general, la agricultura del distrito no es de riego, sino que se depende de las lluvias para que llegue a buen término.

Dada la gran magnitud de las obras realizadas en el distrito de Coixtlahuaca por la Comisión del Papaloapan se le dedica una breve reseña.

La Comisión del Papaloapan fue un organismo dependiente de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, creado en 1947, con el fin de planear, diseñar y construir las obras que se requerían en la Cuenca del río Papaloapan. El motivo de la creación de este organismo, respondía principalmente a la catastrófica avenida de 1944, que hizo sentir una urgente necesidad de construir obras de defensa en esta región.

Los principales problemas a los que iba a tratar de dar solución este organismo, eran, además de las inundaciones, la erosión, responsable de la pérdida de una parte muy importante de terrenos para cultivos, la incomunicación de los pueblos, ya que casi no existía ninguna vía transitable todo el año, la insalubridad, plasmada por enfermedades como el paludismo y muchos trastornos gastrointestinales y el analfabetismo, empeorado porque la población en general no hablaba castellano, sino exclusivamente mixteco. La Comisión del Papaloapan, que perseguía por tanto un desarrollo integral de la zona atendiendo a las facetas que impedían el desarrollo humano, se mantuvo activo desde 1947 hasta 1970. Los fondos destinados a ella, siempre gubernamentales, tuvieron un pico en el periodo entre 1953-1958 (592 millones de pesos mexicanos) reduciéndose drásticamente a partir de 1959. La evaluación de los resultados de esta Comisión, es un trabajo muy complicado, debido a la dificultad de encontrar informes de las obras y reforestaciones realizadas. Se puede concluir sin embargo, que realizó una importantísima labor, dando soluciones rápidas a problemas urgentes lo que probablemente provocó en numerosas ocasiones errores graves, tanto técnicos como administrativos.



3 ELABORACIÓN DE INFORMACIÓN

3.1 INTRODUCCIÓN

Tal y como se ha expresado en otros apartados previos, una vez sobre el terreno se detectó que la información disponible no era adecuada para realizar el presente proyecto, por lo que se hizo necesario introducir una fase previa dedicada a la elaboración de información.

A lo largo de este apartado se va a detallar como se obtuvo por un lado la cartografía necesaria, tanto de los tipos de suelo como de los distintos usos del mismo y por otro la información social correspondiente, a través de entrevistas realizadas a la población local.

3.2 PROCESO DE ELABORACIÓN DEL MAPA DE SUELOS

A la hora de aplicar un modelo de cualquier índole, es básico para obtener un buen resultado que la información que se introduzca en el mismo sea de calidad. Dado que este proyecto persigue la determinación de la aptitud de distintos terrenos para diferentes usos, es imprescindible disponer de información fiable sobre el recurso “suelo”.

Para obtener el mapa de suelos, el primer paso fue recopilar la información existente y disponible.

El mapa más actual del que dispone el gobierno, data de 1995 y fue realizado por el Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), a escala 1:250000 para un proyecto titulado “*Diagnóstico del Ordenamiento Territorial del Estado de Oaxaca*”.

Obtenido el mapa, se pasó a una segunda fase de comprobación en campo. Dicho mapa, realizado a una escala acorde con la superficie que abarcaba el proyecto para el que fue realizado, no es válido para este caso. Se observó que, aunque en general los tipos de suelo coinciden con los realmente presentes en el distrito, no sucede así con su posición geográfica. Por tanto, antes de iniciar el desarrollo del proyecto se procede a la elaboración de un mapa de suelos del distrito.



3.2.1 Reconocimiento de imágenes

En el distrito de Coixtlahuaca, los suelos presentan una coloración muy diversa que depende principalmente de su proceso de formación. Además, la baja cobertura vegetal favorece, en muchos casos, que sea el suelo lo que se refleja en caso de tomar alguna imagen aérea. Ambos factores permitieron emplear la técnica de teledetección, método que, por lo general, se destina exclusivamente a estudios de vegetación.

La imagen de satélite empleada, procedente del *SPOT (2008)*, fue proporcionada por PLANET-ACTION, ONG interesada en alcanzar el objetivo de “la lucha contra la desertificación en la Mixteca”, por lo que aportó la imagen gratuitamente. Esta ONG tiene la política de apoyar los distintos proyectos con tecnología y no con subvenciones económicas.

Se seleccionó la combinación de bandas 431, obteniendo una imagen RGB, siguiendo las directrices marcadas por Elena Herrero Rodríguez, estudiante de Ingeniería de Montes de la ETSI de Madrid, que se encontraba realizando un proyecto de teledetección en esta misma zona. (ver figura 3.1)

Antes de comenzar a delimitar los polígonos, se procedió a un reconocimiento general por todo el distrito, para determinar a grandes rasgos los tipos de suelo y su ubicación aproximada. De esta forma se obtuvo una idea global de la zona. Además, se aprovechó esta actividad para establecer una orientación de cómo reconocía la imagen satelital cada uno de estos suelos.

A partir de aquí, comenzó la teledetección propiamente dicha, en trabajo principalmente de gabinete a partir de comparación de imágenes procedentes del Google Earth y del SPOT. El motivo de emplear las dos es el siguiente: Por un lado, la imagen del SPOT es más actual, dado que fue tomada en 2008 mientras que las imágenes del Google Earth datan de 2004. Además, la imagen del SPOT permite trabajar con el ArcGis 9.2, la herramienta empleada para la creación de una cartografía digital de suelos mientras que con las del Google Earth no es posible. Sin embargo, dado que la resolución del Google Earth es mejor que la del SPOT y que su presentación a falso color es muy realista, es muy orientativo a la hora de solucionar algunos puntos dudosos.

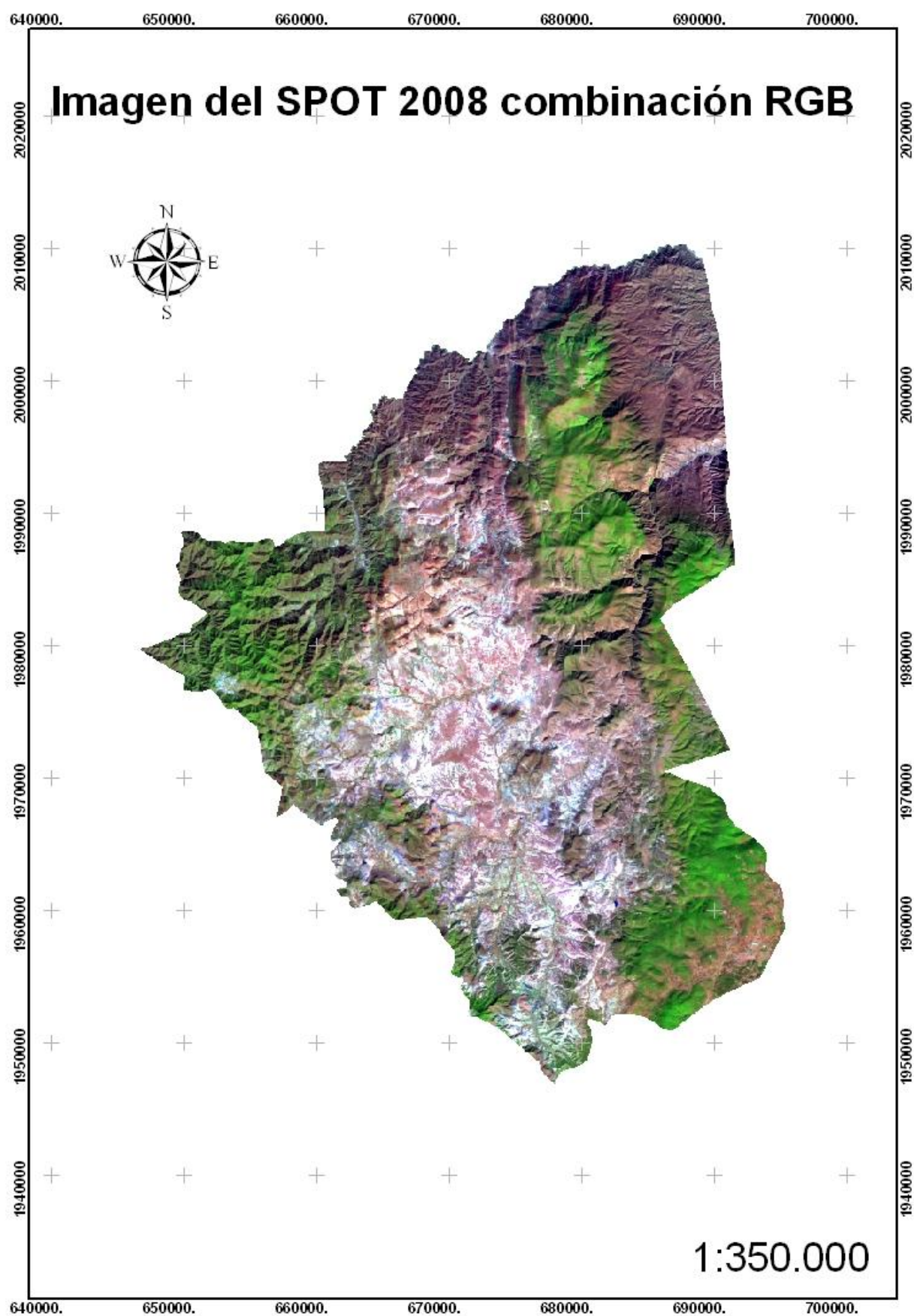


Fig 3. 1: Imagen del SPOT 2008
(PLANET ACTION)



Los polígonos iniciales se delimitaron a partir de los diferentes tipos de suelo detectados *a priori*. Según el mapa de partida, realizado por la U.N.A.M., los suelos registrados son *rendzinas*, *litosoles*, *vertisoles*, *regosoles* y *luvisoles*. Esta clasificación sigue las Bases para la clasificación de suelos de la F.A.O., pero desde 1998, fecha en la cual se realizó el mapa de la UNAM, ha sufrido algunas modificaciones. Entre ellas, la más importante, es la desaparición de las *rendzinas* y los *litosoles* que quedaron agrupados en una misma unidad de suelos delgados, los *Leptosoles*. Dentro de los *Leptosoles* existe la opción de utilizar como calificadores de tipo I “*líticos*” (en el caso de tener menos de 10 cm de profundidad) y “*rendzicos*” (si la naturaleza de la roca madre es caliza).

Analizando la imagen de satélite, los suelos que aparecen de color blanco, presentes principalmente en la zona central del distrito, se corresponden con zonas erosionadas. En estas zonas, aflora directamente la roca madre, que suele ser la capa de caliche de la que se habló anteriormente y de coloración blanca. Sin embargo, en los casos en que también esta capa se ha erosionado, aflora el material volcánico, de color asalmonado y muy baja cohesividad, lo que provoca que en la mayoría de los casos se produzca la aparición de cárcavas.

En las imágenes de la figura 3.2 se ve la misma zona desde una imagen obtenida a través del Google Earth y desde el SPOT. El núcleo urbano que se distingue en el extremo noreste corresponde con San Juan Bautista Coixtlahuaca. También se incluye la figura 3.3 con una vista de las cárcavas presentes en la zona. Estas cárcavas se identifican en la vista de Google Earth especialmente marcadas en el noroeste de la imagen, presentando un color asalmonado debido a la coloración del material volcánico que las conforman.

Por otro lado, también aparecen zonas que aún no han perdido la capa de caliche de color blanco. En la vista de satélite se ilustra como ambas zonas reaccionan igual, de manera que en la imagen del SPOT ambos casos se ven de color blanco, permitiendo delimitar las zonas erosionadas.



Imagen de San Juan Bautista Coixtlahuaca

(Google Earth, 31 de Enero de 2004)

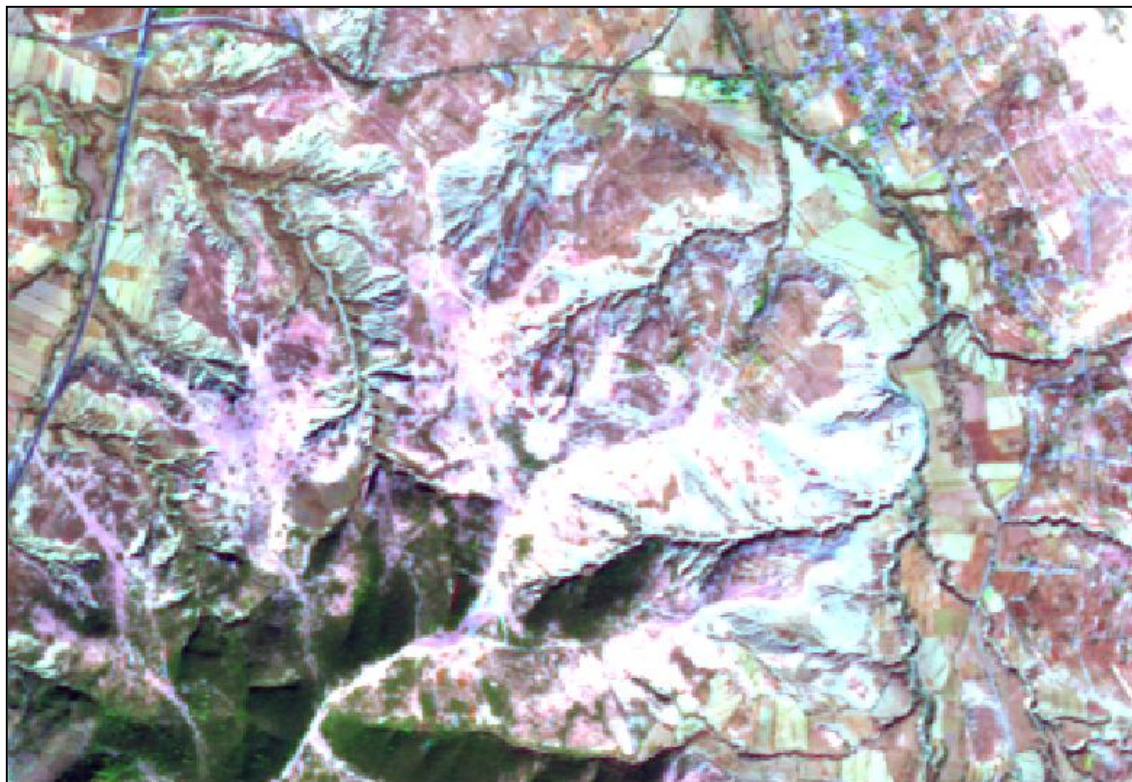


Imagen RGB del SPOT de San Juan Bautista Coixtlahuaca

(SPOT, 2008)

Fig 3. 2: Contraste de la información facilitada por la imagen del SPOT y la del Google Earth



Fig 3. 3: Cárcavas en San Juan Bautista Coixtlahuaca
(M^a Jesús Serra, 2010)

Las coloraciones rosadas en general se corresponden con *Leptosoles réndzicos*. Para garantizar la presencia del material calcáreo en estas zonas, se llevó a cabo la comprobación en campo a través de una disolución 1 M de ácido clorhídrico, el cual burbujea al ponerse en contacto con el carbonato cálcico desprendiéndose en la reacción dióxido de carbono.



Este caso también se puede observar en las dos imágenes de la figura 3.2: los suelos no degradados, pero aún así delgados, como ocurre en la mayoría de la superficie de la zona, reaccionan a la imagen del SPOT con un color rosado.

Alrededor de los ríos, debido a la influencia de éstos, aparece un nuevo tipo de suelos, en este caso profundos, los *Fluvisoles*. Para la delimitación de estos suelos, se utilizó, además del recurso de la imagen de satélite, el mapa hidrológico mostrado en el apartado 2.2.4. *Red Hidrográfica*.



En la figura 3.2 se puede observar el río en la parte oeste, que recorre la zona de sur a norte. A su alrededor, una franja, claramente definida, que se corresponde con los *Fluvisoles*. La delimitación de los *Fluvisoles* además, se asoció al uso agrícola de la tierra, ya que los habitantes han aprovechado todos estos suelos más profundos para cultivar, siendo muy sencilla por tanto su delimitación.

Las zonas que no tienen una capa con material calcáreo en la base suelen aparecer en la imagen de satélite con un color ocre o marrón. Estos casos se dan normalmente en las zonas más altas de los cerros o formando montañas donde las pendientes son mayores. Las fuertes pendientes en la zona, son una causa directa de suelos delgados, tal y como fue comprobado en numerosas ocasiones en campo mientras que al llegar a las zonas llanas aparecen áreas de acumulación caracterizadas por suelos más profundos. Por esta razón, los suelos no calcáreos, presentes en las zonas montañosas, se han caracterizado como *Leptosoles líticos*, expresando así que son suelos que tienen una profundidad máxima de 10 cm. Aunque esto se trata de una generalización que no se ha podido comprobar para todos los lugares así caracterizados, se cumple en todos los casos donde la comprobación se ha realizado.

La figura 3.4 muestra otra comparativa entre la visión presentada por la imagen del Google Earth y del SPOT. El núcleo urbano que se observa en ambas imágenes es Santa María Nativitas.

En la parte oeste, justo rodeado por la supercarretera, aparece una mancha de *Leptosol réndzico*. Un poco más al oeste, se puede observar el cambio de tipo de suelo. Se trata de una montaña con fuertes pendientes, lo que concuerda con lo que, anteriormente se indicó que sucedía normalmente. Este caso fue comprobado en campo, viendo que se trata de un *Leptosol lítico*, al ser un suelo muy somero, cuya profundidad variaba entre 5cm y 10 cm. La línea de separación entre ambos, se puede observar en la figura 3.5.

En la figura 3.4 también se puede observar, de nuevo, como las zonas degradadas aparecen en color blanco. También se ven los *Fluvisoles* presentes alrededor del río en la parte este.



Imagen de Santa María Nativitas

(Google Earth, 31 de Enero de 2004)

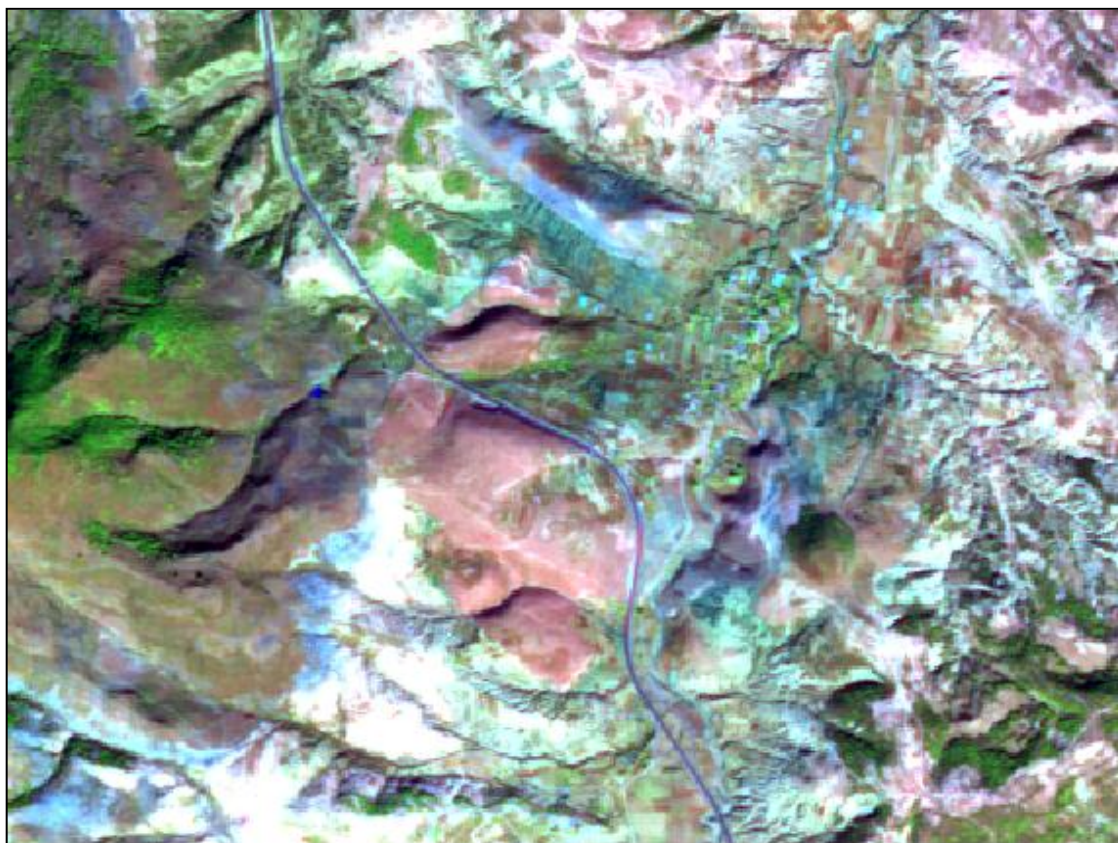


Imagen RGB de SPOT de Santa María Nativitas

(SPOT, 2008)

Fig 3. 4: Contraste de la información facilitada por la imagen del SPOT y la del Google Earth



Fig 3. 5: Línea divisoria entre *Leptosol réndzico* y *Leptosol lítico*
(M^a Jesús Serra, 2010)

Los *Luvisoles* se caracterizan por un marcado color rojo. Estos suelos han sufrido un fuerte proceso de lavado que ha provocado que las bases más móviles emigren a horizontes inferiores quedando arriba las más pesadas (Fe y Al), responsables de su coloración.

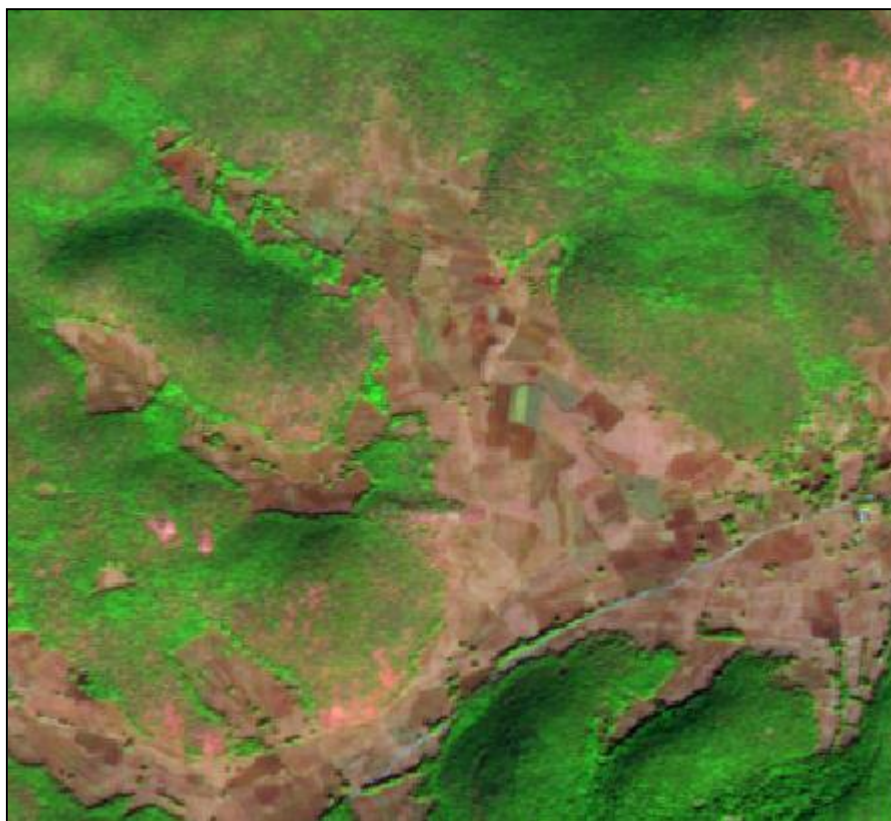
Estos suelos únicamente se encuentran en el extremo sureste del distrito. El motivo es que, como se indicó en el apartado de 2.2.1. *Clima*, aparece justo en esa zona, una formación montañosa de aproximadamente 2.700 metros de altitud. Esta formación es el punto más alto que existe en dirección este hasta llegar al golfo de México. Por ello, las nubes que consiguen llegar hasta aquí no son capaces de atravesar la montaña y precipitan dando lugar a fuertes procesos de lavado.

Al no existir una capa cementada, se trata de suelos relativamente profundos. Son suelos ricos en arcillas, de forma que su cantidad va en aumento a medida que el perfil avanza en profundidad.



Luvisoles

(Google Earth, 31 de Enero de 2004)



Luvisoles

(SPOT, 2008)

Fig 3. 6: Contraste de la información facilitada por la imagen del SPOT y la del Google Earth

La explicación de este fenómeno de migración de arcillas hacia horizontes subsuperficiales, se encuentra también en la mayor cantidad de lluvias en esta zona, que provoca que las partículas más pequeñas, las arcillas, se desplacen a horizontes inferiores.

Las figuras 3.6 y 3.7, muestran diferentes imágenes de *Luvisoles*, localizados en Santa Catarina Ocotlán, agencia de San Juan Bautista Coixtlahuaca.



Fig 3. 7: *Luvisoles*, Santa Catarina Ocotlán
(M^a Jesús Serra, 2010)

La comprobación de las afirmaciones con respecto a la arcilla, se realizó en el laboratorio de la Universidad Tecnológica de la Mixteca y los resultados obtenidos se muestran en el *Anexo III apartado b* del presente informe.

Para los *Regosoles*, unidad de suelos recogida en el mapa de la UNAM, no se encontró ninguna relación característica entre su coloración en la imagen de satélite y su posición en la realidad. Posiblemente, esto se deba a que los *Regosoles* son suelos jóvenes, que sólo tienen que cumplir la característica de no encajar con la descripción de ningún otro tipo de suelo. Por tanto son suelos muy variables.

En su lugar, se establecieron una serie zonas dudosas, que debían ser estudiadas.



3.2.2 Trabajo de campo

Finalizada la etapa de delimitación de polígonos en gabinete, se inició una fase de trabajo de campo que se prolongó durante un mes, con un triple objetivo:

1. Validar sobre el terreno la calidad del mapa creado
2. Solucionar los puntos dudosos tomando muestras del suelo cuando fuera necesario
3. Tomar las muestras de suelo necesarias para caracterizar cada tipo de suelo y poder así determinar más tarde su aptitud.

Antes de iniciar esta fase, se analizaron los puntos que iban a ser muestreados. Esta actividad se realizó junto con dos compañeros de la ETSI de Montes de Madrid: María del Riego Ceña y Carlos Jiménez Barrios que, como se indicó en los *Antecedentes* del informe, estaban desarrollando proyectos paralelos y relacionados con éste.

Así, se planificó la toma de muestras del suelo realizada para este proyecto, evitando aquellos lugares que se pudieran caracterizar a partir de los datos obtenidos por ellos durante el desarrollo de sus proyectos.

Paralelamente se recolectó toda la información de calicatas y estudios previos que hubieran sido realizados por la UTM en la zona, que aunque eran bastantes, estaban muy concentrados en Palo Solo, una comunidad donde actualmente se está desarrollando un proyecto de cooperación junto con la Universidad Politécnica de Madrid.

Durante esta fase de comprobación, se recorrieron todos los caminos accesibles de la parte central del distrito, empleando los cortes de carretera para determinar el tipo de suelo y comparándolo con el nuevo mapa, validando su calificación y corrigiendo los fallos que se detectaban.

Paralelamente se hacían pruebas con HCL 1M para comprobar la naturaleza caliza o no de la roca madre, importante a la hora de la clasificación y de determinar las características del suelo.



Fig 3. 8: Mapa ilustrativo del trabajo de campo sobre imagen del SPOT 2008

En la figura 3.8 se representa el detalle del desarrollo de toda la fase de recogida de muestras y comprobación de hipótesis.

En dicha figura, los puntos marcados como “fotos” tienen asociados un número que identifica la carpeta en la que se agrupan todas las fotografías tomadas ese punto e incluidas en el Cd “Anexo fotográfico”.

Puntos dudosos

Cómo ya se indicó en párrafos anteriores de este apartado, durante la fase de delimitación inicial de los polígonos realizada en las instalaciones de la UTM, se observaron algunas zonas que no se correspondían con ninguno de los casos explicados anteriormente.

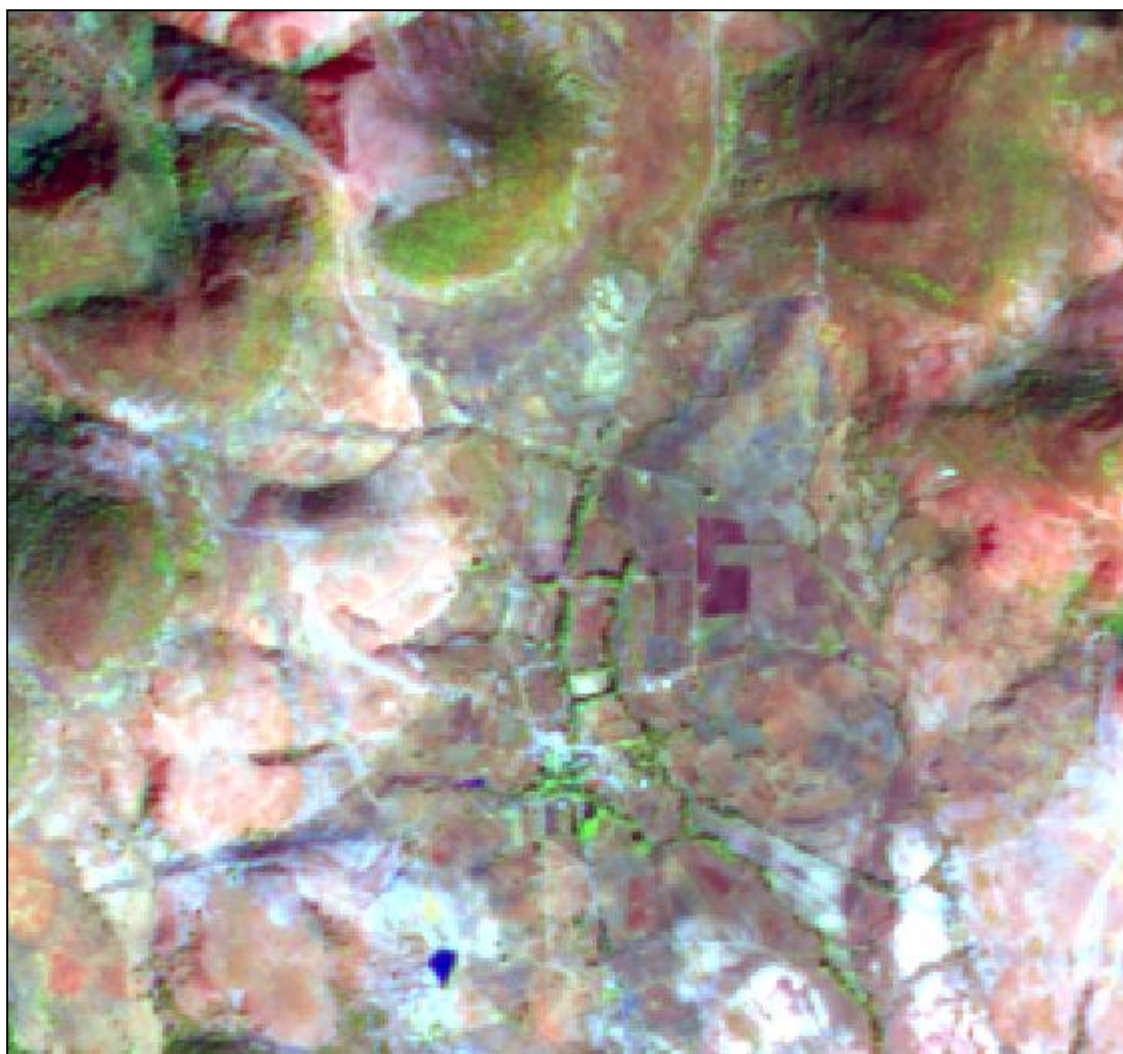


Fig 3. 9: Imagen del SPOT, RGB San Antonio Abad, agencia de Santiago Ihuitlán Plumas - Punto dudoso



Esto exigía la realización de análisis en campo de mayor profundidad, que se llevó a cabo a la vez que la fase de toma de muestras y contraste de hipótesis. Algunos puntos dudosos, se pudieron solucionar mediante comprobación visual, sin embargo, en otros, fue necesaria la toma de muestra de suelo para un análisis posterior en el laboratorio. Los procedimientos empleados para ello, así como las fichas de campo, se encuentran en el *Anexo III*.

La figura 3.9 ilustra un ejemplo de este tipo de suelos, donde se observa la coloración azulada que toman los suelos alrededor de San Antonio Abad.

Por último, una vez terminado el trabajo de campo, se sintetizó toda la información obtenida en las instalaciones de la UTM y se establecieron los polígonos finales. Estos polígonos, agrupaban superficies con la misma unidad de suelo.

Sin embargo, antes de tener el mapa terminado, faltaba contrastar a través de los análisis de laboratorio, que dicha unidad realmente se correspondía con los resultados aportados por los mismos. Además quedaba por determinar el tipo de suelo en las zonas dudosas aún sin caracterizar.

3.2.3 Resultados de los análisis y clasificación de los suelos

A la hora de elaborar un modelo para determinar la aptitud de la tierra según los distintos usos agrícolas, se hace necesario además de determinar el tipo de suelo presente en cada caso, caracterizar cada una de las unidades edáficas registradas, asociando a cada una de ellas determinadas propiedades como: textura, materia orgánica, pH, pedregosidad superficial, conductividad y estructura de sus agregados.

La delgadez de los suelos ha posibilitado la realización del trabajo, ya que ha permitido la ejecución de un número de calicatas que no hubiera sido posible en caso de tratarse de suelos más profundos.

Se han empleado 39 muestras del proyecto “Efecto sobre las propiedades del suelo de las reforestaciones realizadas en el distrito de Coixtlahuaca, Oaxaca, México, 2010” (EPSRDC) realizado por María del Riego Ceña, 8 muestras del proyecto “*Evaluación de Obras de Conservación de Suelos en el Distrito de Coixtlahuaca y bases para actuaciones futuras, 2010*” (EOCSDC) desarrollado



por Carlos Jiménez Barrios y, 14 muestras analizadas exclusivamente para completar el alcance de este proyecto (ver *Anexo III*). En el caso de las muestras procedentes del proyecto EOCSDC fue necesario completar la analítica existente realizando la determinación del pH de cada una de las ocho muestras.

Dada la naturaleza del proyecto EPSRDC, las muestras se corresponden con suelos tomados dentro y fuera de las reforestaciones del distrito de Coixtlahuaca. Las muestras del proyecto EOCSDC son, la mayoría en terrazas u otras obras de conservación de suelos. Por último, las muestras tomadas para específicamente para este proyecto son zonas de pastizales o agrícolas, que se corresponden con zonas dudosas que no quedaban recogidas en ninguno de los casos anteriores.

Una vez realizados todos los análisis de laboratorio, se procedió a clasificar el tipo de suelos existente según la “*Base referencial mundial del recurso suelo*” publicada por la F.A.O. y actualizada por última vez en el 2006.

Clasificación

La primera acción a llevar a cabo a la hora de clasificar un suelo, una vez conocidos sus horizontes, propiedades y materiales de diagnóstico según el capítulo “*Reglas para la Clasificación*” de la *Base Referencial Mundial del recurso Suelo (BRMS)*, es determinar el Grupo de Suelo de Referencia (**GSR**) al que pertenece. Para esto hay que tener en cuenta el criterio: “*el suelo pertenece al primer GSR de la clave referenciada en el BRMS para el cual cumpla todos los requerimientos solicitados*”.

Una vez seleccionado este GSR, para dotar de mayor precisión a la clasificación, se pueden emplear más calificadores denominados “calificadores grupo I o calificadores típicamente asociados o integrados” y “calificadores grupo II u otros calificadores”. Para cada GSR, existe una lista de los posibles calificadores de ambos grupos que se pueden emplear.

Según la lista de GSR, las distintas posibilidades aparecen en el siguiente orden:

En primer lugar, se observa que ninguno de los suelos cumple los



requerimientos de materia orgánica que se precisan para pertenecer a la GSR *Histosoles*; directamente se descarta esta unidad

El segundo tipo, el GSR *Antrosoles*, se caracteriza porque la actuación humana ha tenido una fuerte influencia en su desarrollo. Esto generó cierta duda dado que gran parte de los suelos del distrito son o han sido alguna vez arados. Sin embargo, al estudiar con detenimiento la definición se matiza que este tipo de suelos está reservado para casos en que se ha utilizado riego, intensa fertilización o abundante adición de estiércol. En el caso de Coixtlahuaca, no se da ninguna de estas características, de hecho, en ningún caso se fertiliza y rara vez se riega, por tanto, también se descarta esta unidad.

Descartar, el tercer tipo de GSR, los *Tecnosoles*, fue también sencillo ya que no cumplen ninguno de los requerimientos para pertenecer a este grupo. Estos suelos se presentan más bien en zonas industriales, con residuos, zonas mineras, etc...

Igualmente, fue sencillo eliminar la posibilidad de que pertenecieran al GSR de los *Criosoles*, por referirse a suelos muy característicos reservados para zonas con problemas de congelación no siendo este el caso.

La siguiente opción, el GSR de los *Leptosoles* ofrece dos posibilidades (1a y 1b). Para cumplir los requerimientos de la posibilidad 1a, los suelos deben presentar una limitación de profundidad por roca continua dentro de los 25cm de la superficie del suelo y no tener ni horizonte cálcico, gípsico, petrocálcico, petrogípsico o spódico. La mayoría de los suelos de Coixtlahuaca encajan perfectamente con esta descripción. Es decir, **estos suelos son *Leptosoles***.

Analizando todos los calificadores para los *Leptosoles* del grupo I y II, se escogieron cuatro posibles dentro del grupo I y ninguno dentro del grupo II:

- **Nudilítico:** Se utiliza en aquellos casos en que por diversas razones, aflora la roca madre al exterior sin nada de suelo propiamente dicho encima. El prefijo “nudi” hace referencia a “desnudo”.
- **Lítico:** El calificativo lítico se emplea en aquel Leptosol que cumple, además de la restricción de profundidad correspondiente a su grupo, (entre 0cm y 25cm), otra más estricta, no pudiendo superar los 10cm de



profundidad.

- **Réndzico:** El calificativo réndzico, que junto con el anterior pertenece al primer grupo, indica que el suelo se encuentra inmediatamente por encima de material calcárico o roca calcárea que contiene 40% o más de carbonato de calcio equivalente. Este material, en el caso de los suelos analizados, se trata del “caliche” antes mencionado, con un 87% de carbonato cálcico.
- **Háplico:** Cuando no cumple ningún criterio de los anteriores o del resto de la lista de posibles calificadores, se aplica “háplico”.

En la tabla 3.1, se detalla la relación de las 44 muestras que se han clasificado como *Leptosoles*. Cada muestra se corresponde con un perfil distinto, ya que en estos suelos, al disponer como máximo de 25 cm de profundidad, no se apreciaron diferentes horizontes en ningún caso.



3.ELABORACIÓN DE INFORMACIÓN

Muestra	Autor	Prof (cm)	Reacción HCl	Clasificación
SE-1	María del Riego	10	SÍ	Leptosol rendzico
SP-2	María del Riego	14	SÍ	Leptosol rendzico
SF-3	María del Riego	13	SÍ	Leptosol rendzico
SP-4	María del Riego	7	SÍ	Leptosol rendzico
SF-5	María del Riego	15	SÍ	Leptosol rendzico
SC-6	María del Riego	9	SÍ	Leptosol lítico rendzico
NP-7	María del Riego	1	SÍ	Leptosol lítico rendzico
NF-8	María del Riego	0	-	Leptosol nudolítico
NC-9	María del Riego	0	-	Leptosol nudolítico
NG-10	María del Riego	0	-	Leptosol nudolítico
NS-11	María del Riego	0	-	Leptosol nudolítico
NF-12	María del Riego	0	-	Leptosol nudolítico
CP-17	María del Riego	13	SÍ	Leptosol rendzico
CF-18	María del Riego	13	SÍ	Leptosol rendzico
CK-19	María del Riego	18	SÍ	Leptosol rendzico
IC-20	María del Riego	6	SÍ	Leptosol lítico rendzico
IC-21	María del Riego	13,5	SÍ	Leptosol rendzico
BP-22	María del Riego	5	SÍ	Leptosol lítico rendzico
BF-23	María del Riego	5	SÍ	Leptosol lítico rendzico
BK-24	María del Riego	7	SÍ	Leptosol lítico rendzico
BC-25	María del Riego	4,5	SÍ	Leptosol lítico rendzico
TP-26	María del Riego	25	SÍ	Leptosol rendzico
TF-27	María del Riego	11	SÍ	Leptosol rendzico
TF-29	María del Riego	20	SÍ	Leptosol rendzico
TF-35	María del Riego	20	NO	Leptosol háplico
S1o	Carlos Jiménez	0	-	Leptosol nudolítico
S3o	Carlos Jiménez	0	-	Leptosol nudolítico
S4t	Carlos Jiménez	0	-	Leptosol nudolítico
S5o	Carlos Jiménez	0	-	Leptosol nudolítico
S6t	Carlos Jiménez	0	-	Leptosol nudolítico
S7t	Carlos Jiménez	0	-	Leptosol nudolítico
E2o	Carlos Jiménez	14	SÍ	Leptosol rendzico
E1t	Carlos Jiménez	25	SÍ	Leptosol rendzico
C-S1t	Carlos Jiménez	0	-	Leptosol nudolítico
C1o	Carlos Jiménez	0	-	Leptosol nudolítico
C2t	Carlos Jiménez	25	SÍ	Leptosol rendzico
T2o	Carlos Jiménez	2	SÍ	Leptosol lítico rendzico
T1t	Carlos Jiménez	25	SÍ	Leptosol rendzico
T3o	Carlos Jiménez	0	-	Leptosol nudolítico
T4o	Carlos Jiménez	15	NO	Leptosol háplico
Te2o	Carlos Jiménez	10	SÍ	Leptosol rendzico
Te1t	Carlos Jiménez	15	SÍ	Leptosol rendzico
5	Mª Jesús Serra	20	SÍ	Leptosol rendzico
9	Mª Jesús Serra	25	SÍ	Leptosol rendzico

Tabla 3. 1: Relación de muestras que se han determinado dentro del GSR “Leptosol”



El siguiente tipo de GSR que aparece en la lista son los *Vertisoles*. La característica principal que debe cumplir este tipo de suelos, es que debe tener un contenido en arcilla del 30% o superior de la tierra fina a lo largo de todo su espesor. Casi ningún horizonte de todos los perfiles que se han realizado cumple esta característica. De los casos que sí la cumplen, solo tres se han considerado *Vertisoles*, pero se trata de una mancha muy aislada y pequeña, por lo que no se ha tenido en cuenta en la realización del mapa. Hay otros casos que aunque su contenido de arcilla era mayor del 30%, no cumplían el resto de requisitos para ser *Vertisol*, entre ellos, la presencia de grietas de al menos 1cm que se abren y cierran periódicamente. Por ello, se descarta esta posibilidad de suelo.

A continuación se encuentran los *Fluvisoles*, que son los suelos típicos influenciados por el agua. En este GSR se han englobado todas las muestras procedentes de los suelos profundos, cercanos a los ríos, dado que cumplen con las características requeridas. Esta tipificación es una de las grandes diferencias con el mapa de la UNAM, que clasifica estos suelos como *Vertisoles*, cuando en ninguno de los dos perfiles realizados en ellos, se cumplen los criterios para serlo. De hecho, la textura de estos suelos se acerca más a arenosa que a arcillosa.

Para caracterizar mejor esta unidad de suelos se seleccionaron exclusivamente los calificadores “cálcico” y “háptico”, ambos pertenecientes al primer grupo.

El calificativo cálcico, hace referencia a la presencia de un horizonte con el mismo nombre. Esto significa que se ha acumulado carbonato de calcio secundario (que proviene de la precipitación más que del material parental), bien en forma difusa (en forma de partículas finas de menos de 1mm, dispersadas en la matriz) o como nódulos discontinuos.

El término háptico fue explicado con anterioridad en los *Leptosoles*.

En la tabla 3.2 se presentan las propiedades de las dos muestras correspondientes a suelos clasificados como Fluvisoles.



Muestra	Autor	Horizonte	Prof (cm)	Reacción HCl	Clasificación
1-2	Mª Jesús Serra	A	10	SI	Fluvisol cálcico
		B	>100	NO	
10	Mª Jesús Serra	-	>100	NO	Fluvisol háplico

Tabla 3. 2: Relación de muestras que se han determinado dentro del GSR Fluvisol

Para los demás suelos, se debe seguir bajando en la lista de GSR. Se descartan los *Solonetz* y los *Solonchaks*, dado que, en todos los resultados de los análisis se han demostrado conductividades bajísimas, lo que descarta los horizontes nítricos (ricos en Na) y sálicos (con sales fácilmente solubles) necesarios para estos dos GSR.

Los *Gleysols*, siguiente grupo en la clasificación, son suelos saturados con agua freática durante un tiempo prolongado. En Coixtlahuaca, la capa freática está a gran profundidad lo que descarta totalmente la formación de esta unidad.

Los *Andosols* son suelos que se dan en los alrededores de un volcán joven, que ha entrado en erupción hace relativamente poco tiempo, por lo que de nuevo no es el caso.

El siguiente GSR, además de ser característico de áreas húmedas, por lo que quedaría fuera de las posibilidades de los suelos pendientes de clasificar, requiere la presencia de un horizonte subsuperficial decolorado, color gris ceniza por pérdida de materia orgánica. Esta característica no se ha encontrado en ningún caso en Coixtlahuaca.

Ningún suelo de los analizados presenta los constituyentes típicos de los *Plintisols*, como el cuarzo, ni tampoco se encontraron los nódulos duros también característicos de este tipo de suelos.

Descartar los *Nitisols* fue más complicado. Diagnosticar este tipo de suelo requiere la presencia de un horizonte nítrico caracterizado por una acumulación de arcillas en el horizonte subsuperficial. En algunas muestras, las tomadas en los puntos inicialmente determinados como *Luvissols* por estar así considerados en el mapa de la UNAM, se daba una acumulación de arcillas que podía asociarse a la descrita en el horizonte nítrico.



Sin embargo, finalmente, esta acumulación de arcillas no cumplía los requisitos para este horizonte, dado que la diferencia de arcillas entre el horizonte superficial y el subsuperficial o bien es mayor del 20% o bien no cumple con el contenido mínimo de arcilla del 30%. Por tanto, finalmente, la acumulación de arcillas se catalogó como un horizonte árgico en lugar de nítrico.

Al no aparecer en ningún caso un horizonte ferrálico, ni un cambio textural abrupto entre dos horizontes, ni tratarse de suelos encharcados temporalmente quedaron descartados por este orden los *Ferrasoles*, los *Planosoles* y los *Stagnosoles*. La ausencia de horizonte mólico descarta los *Chernozems*, los *Kastanozems* y los *Phaeozems*.

Como no existe horizonte petrogípsico, petrodúrico o dúrico ni petrocálcico o cálcico no se puede clasificar ningún suelo dentro de los *Gipsisoles*, *Durisoles* o *Calcisoles*.

Los siguientes cinco grupos de suelo en la lista de GSR, presentan como primer criterio de diagnóstico la presencia de un horizonte árgico. Este horizonte fue diagnosticado anteriormente al descartar los Nitisoles.

El primero en la lista son los Albeluvisoles, sin embargo esta unidad requiere la presencia de lenguas albelúvicas no presentes en estos suelos por lo que quedan descartados. Los siguientes tres grupos se diferencian entre sí según su Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C.). El último grupo, los *Lixisoles*, se caracteriza por tener por encima del horizonte árgico una capa de textura arenoso-franca, lo que no se correspondía con los casos analizados.

Respecto a los tres casos anteriores que se diferencian entre sí por la C.I.C., hay que tener en cuenta que este análisis no se ha realizado en el laboratorio y, por tanto, es necesario emplear otro recurso para su separación.

En la “*Base referencial mundial del recurso suelo*” empleada para llevar a cabo la clasificación, se encuentra una descripción de cada unidad edáfica recogida en ellas. Se procedió a analizar las correspondientes a estos tres grupos dudosos en busca de algún criterio de diferenciación nuevo.

Así, los *Acrisoles* se presentan sobre un material paretal muy ácido. Teniendo en cuenta que las muestras susceptibles de ser incluidas en estos tipos de



suelos, se encuentran sobre la formación Teposcolula, de naturaleza caliza, se descartó la posibilidad de que se tratase de un *Acrisol*.

De las otras dos opciones restantes, los *Alisoles* y los *Luvisoles*, los últimos, según la descripción, se suelen dar en zonas donde las precipitaciones presentan una marcada estacionalidad con época seca y época de lluvias. Esta característica es la que finalmente determinó la elección de los *Luvisoles* como GSR para estos casos. Debido a los altos contenidos de arcillas resultantes de los análisis, se cumplían los requisitos para tener propiedades vérticas, dado que el horizonte árgico tiene más del 30% de arcillas y/o agregados en forma de cuña, por lo que se empleará como calificador del primer grupo “vérticos” para clasificarlos.

Muestra	Autor	Horizonte	Prof (cm)	% arcilla	Clasificación
A-B	M ^a Jesús Serra	A	25	15,48	Luvisol vértico
		B	> 100	20,12	
C-D	M ^a Jesús Serra	A	27	17,8	Luvisol vértico
		B	>100	45,84	

Tabla 3. 3: Relación de muestras que se han determinado dentro del GSR “Luvisol”

La tabla 3.3 ilustra las propiedades de los dos perfiles clasificados como *Luvisoles*. Para cada determinación se emplearon dos muestras correspondientes al horizonte superficial y al subsuperficial.

Las perfiles de suelos que no cumplen las condiciones de los GSR vistas hasta ahora, tampoco son válidas para los dos siguientes grupos: *Umbrisoles* y *Arenosoles*, por lo que quedan como opciones los *Cambisoles* y los *Regosoles*.

Ambas unidades, son suelos jóvenes, con la principal diferencia de que los *Cambisoles* comienzan a mostrar una ligera diferenciación de horizontes, mientras que en los *Regosoles*, menos evolucionados, no se distinguen.

Para este tipo de suelos se han empleado calificadores de ambos grupos.

En el primer grupo, se encuentran dos posibilidades, léptico y colúvico. Léptico hace referencia a la profundidad, de manera que indica la presencia de una capa continua y endurecida en los primeros 100cm de suelo. El segundo caso,



colúvico, indica la acumulación de sedimentos provenientes de la erosión causada por el hombre.

Como calificadores del segundo grupo aparecen:

- Húmico: hace referencia a un porcentaje de materia orgánica de al menos un 1% hasta una profundidad de 50cm
- Calcárico: tiene material calcárico entre 20cm y 50 cm de la superficie del suelo o entre 20cm y roca continua, o una capa cementada o endurecida, lo que esté a menor profundidad. Como anotación, el material calcárico es aquel que presenta fuerte efervescencia con HCl 1 M en la mayor parte de la tierra fina.

Muestra	Autor	Horizonte	Prof (cm)	Reacción HCl	% M.orgánica	Clasificación
CE-13	María del Riego	-	47	NO	3,90	Regosol léptico
TP-28	María del Riego	A	24	SÍ	4,0	Cambisol léptico húmico calcárico
		B	60	SÍ	3,10	
TC-30	María del Riego	-	120	SÍ	2,64	Regosol colúvico (húmico)
JE-31	María del Riego	-	40	NO	2,69	Regosol colúvico léptico
JP-32	María del Riego	-	40	NO	2,43	Regosol colúvico léptico
TE-33	María del Riego	-	42	NO	2,28	Regosol léptico
TP-34	María del Riego	-	40	NO	3,78	Regosol léptico
3-4	M ^a Jesús Serra	-	15	NO	1,14	Cambisol léptico (colúvico)
6	M ^a Jesús Serra	-	32	NO	1,91	Regosol léptico
8	M ^a Jesús Serra	-	45	NO	2,53	Regosol léptico

Tabla 3. 4: Clasificación del GSR del resto de muestras

La tabla 3.4 presenta la clasificación de los suelos restante y algunos de los resultados de sus analíticas.

Una vez determinadas las diferentes unidades edáficas existentes, la información se plasmó en el mapa, asignando a los polígonos dudosos la clasificación obtenida y comprobando que en el resto de polígonos, se correspondiera lo establecido con los resultados obtenidos.

3.2.4 Resultados de los análisis y caracterización de los tipos de suelos

Para la aplicación el modelo de evaluación de tierras ALES, (ver *capítulo 4*), es necesario caracterizar cada unidad edáfica con unas propiedades



determinadas generalizadas para toda la unidad y que influyan en su capacidad para ser destinadas a un uso agrícola. Las características seleccionadas para este fin fueron en un principio: pH, conductividad, textura, materia orgánica, distribución de agregados, pedregosidad superficial y profundidad.

Uno de los motivos por los que los análisis de las muestras han sido una parte fundamental en este proyecto, es porque además de ser necesarios para la clasificación de suelos llevada a cabo en el apartado anterior, son imprescindibles para la determinación de los valores de dichas características generales para cada tipo de suelo.

Al realizar los análisis se observó que para el caso de la conductividad los valores son tan bajos que en todos los casos se deduce que el suelo no tiene ningún problema de salinidad y, por tanto, se descartó esta variable como característica importante a la hora de aportarle una caracterización a cada suelo.

Algo similar ocurrió con la estructura de los agregados, ya que tras realizar el análisis y calcular el Diámetro Medio Ponderado (DMP) de las distintas muestras, se observó que las diferencias entre ellas eran mínimas y por tanto carecía de sentido introducirlo en el modelo como una variable diferenciadora.

Los procedimientos utilizados para realizar el análisis de cada muestra (incluidos los pertinentes a estructura de agregados y conductividad), así como los resultados obtenidos y las fichas de campo se incluyen en el Anexo III de este informe.

- **Leptosoles rendzicos (profundidad entre 0-25 cm)**

Esta unidad de suelo es la que ocupa una mayor extensión en el distrito de Coixtlahuaca y por tanto ha sido en la que más esfuerzo y recursos se han empleado para lograr caracterizarla con exactitud.

Para determinar las diferentes características se utilizaron los datos procedentes de los análisis de la siguiente manera: En primer lugar se calculó la media aritmética para todas las características cuantitativas: textura, materia orgánica, pH, conductividad y Diámetro Medio Ponderado o DMP. A



continuación, con la pedregosidad, se comprobó que es nula en un 65% de los casos. En los casos de pedregosidad media, se trata de piedras de caliche, muy incoherente, que se rompe con facilidad, normalmente fruto de que al arar, trozos de roca madre (caliche) han ascendido a zonas más superficiales. Por tanto se va a considerar la pedregosidad nula.

Para establecer sus propiedades se estudiaron diferentes alternativas:

En primer lugar se procedió a seleccionar entre todas las muestras, aquellas que en la clasificación se hubieran determinado como *Leptosoles réndzicos* sin incluir los *Leptosoles lítico réndzicos*.

La tabla 3.5 recoge las características evaluadas para las distintas muestras clasificadas como *Leptosoles réndzicos*.

A continuación, el mismo proceso se repitió incluyendo esta vez además de los suelos clasificados como *Leptosoles réndzicos*, aquellos clasificados como *Leptosoles lítico réndzicos*. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 3.6 y, como se puede observar, la variación de los valores característicos no es mucha, obteniéndose valores semejantes en todas las variables.

Sin olvidar el factor de que la profundidad no es la misma en el caso de los *Leptosoles réndzicos* (puede llegar hasta los 25cm) y en los que tienen el calificativo “lítico” (profundidad máxima de 10cm), dado que el hecho de considerarlos en conjunto no modifica el resto de características del suelo, se decidió incluirlos en un único grupo, teniendo en mente las diferentes profundidades.

Por último, hay que tener en cuenta que gran parte de las muestras están tomadas en reforestaciones y terrazas. Es lógico pensar que esto haya modificado sus características originales. Por ello, se realizó una última prueba seleccionando exclusivamente aquellas muestras que, clasificadas como *Leptosoles réndzicos* o *Leptosoles lítico réndzicos*, hubieran sido tomadas en lugares donde el suelo no hubiera sido modificado. La tabla 3.7 resume los resultados obtenidos.

Esta vez se registran cambios importantes en la materia orgánica, que pasó de ser calificada como “Alta” a “Media”, como puede observarse comparando los



resultados de las tablas anteriores.

La materia orgánica es un factor relevante tanto en la estructura como en la fertilidad del suelo, por lo que es importante caracterizarla correctamente.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que en Coixtlahuaca gran parte de la superficie ha sido reforestada o aterrazada a lo largo de los últimos 30 años..

Es importante que las características de estos suelos modificados por el hombre, queden reflejadas en las características que se van a considerar “típicas” para la zona.

Por esta razón, entre todas las pruebas realizadas, las características establecidas para el *Leptosol réndzico* que se tendrán en cuenta en este estudio, son las determinadas en la segunda prueba (tabla 3.6), donde se incluyen las muestras de suelos clasificados como *Leptosoles rendzicos* y *Leptosoles lítico rendzicos* provenientes tanto de reforestaciones y de terrazas, como de suelo sin modificar.

- **Leptosol lítico (profundidad entre 0-10 cm)**

Los *Leptosoles líticos* son la segunda unidad de suelo en extensión, después de los *Leptosoles réndzicos* anteriormente analizados. Sin embargo, la mayoría de los Leptosoles líticos, están situados en cerros o grandes pendientes que impiden directamente el desarrollo de la agricultura.

Dado que el modelo para el que se están recopilando los datos es de aptitud agrícola, la caracterización de estos suelos se ha considerado de menor importancia. De hecho, para determinar las características de los *Leptosoles líticos*, se usaron las muestras clasificadas como *Leptosoles háplicos*. El motivo, es que la diferencia entre los dos tipos de suelos radica simplemente en la profundidad pudiendo asemejar el resto de cualidades.

La tabla 3.8 presenta los valores obtenidos para este tipo de clasificación.

- **Fluvisol (profundidad mayor a 100 centímetros)**

Para los *Fluvisoles*, se dispone de tres muestras, aunque dos de ellas corresponden a un mismo perfil. Por este motivo, de estas dos se sacó un



promedio, que luego se analizó junto con los datos del otro perfil.

La tabla 3.9 resume las características obtenidas para este tipo de suelos.

Respecto a la pedregosidad, las conclusiones son las siguientes:

- Mientras que en el horizonte superficial de la primera muestra, la pedregosidad es *inapreciable*, según se va avanzando en profundidad, va aumentando hasta convertirse en *media*.
- En el caso de la segunda muestra, es *nula* a lo largo de todo el perfil.
- Teniendo en cuenta que el dato a analizar es “Pedregosidad superficial”, en el presente proyecto, se consideró *pedregosidad nula* para esta unidad de suelo.

Respecto al empleo de calificadores, dado que en un caso, se emplea “cálcico” en el otro no, para el propósito de este proyecto no se va a emplear ninguno por no disponer de más información.

- **Luvisol (profundidad mayor de 100 cm)**

Para la caracterización de los *Luvisoles*, se tomó en un principio la muestra 7 en campo. Sin embargo, al haber tomado una única muestra del perfil, no se podía comprobar la posible acumulación de arcillas, necesaria para el diagnóstico de un horizonte árgico característico de los *Luvisoles*. Por este motivo, fue necesario volver a campo, donde se realizaron dos nuevos perfiles, recogiendo dos muestras de cada uno de ellos correspondientes con los horizontes A y B. La caracterización correspondiente se encuentra en la tabla 3.10. En este caso, dado que de cada perfil se disponía del mismo número de muestras, se pudo hacer la media aritmética de los cuatro valores sin que esto supusiera ponderar un perfil sobre otro.

- **Cambisol léptico (35 cm de profundidad)**

Como solo se ha determinado una única zona de *Cambisol* en el mapa y de esta zona en concreto se tomó una muestra de suelo, en este caso no se va a realizar ningún promedio. La caracterización de los *Cambisoles* se realizó directamente a partir de los datos que se obtuvieron del análisis.



En la muestra, la TP28, realizada por María del Riego, se dispone también de otra calicata determinada como *Cambisol léptico*. Sin embargo, la formación de este Cambisol se debe exclusivamente a los efectos específicos de la reforestación donde fue tomada la muestra, no siendo representativo de la zona de alrededor. Por esta razón, se decidió no incluirlo en el mapa de suelos.

La figura 3.11 resume las características de los *Cambisoles lépticos* que se han utilizado en el desarrollo de este proyecto.

- **Regosol léptico (profundidad entre 25-55 cm)**

Para el siguiente GSR, los *Regosoles*, se utilizó el mismo procedimiento que en los casos anteriores procediendo a calcular la media aritmética de los valores obtenidos para cada característica en cada una de las muestras.

Sin embargo, para este tipo de suelos sólo se disponía de siete calicatas, limitación que unida al hecho de que las características de estos suelos son muy variables, pues dependen en gran medida de los materiales de los que provienen, los resultados obtenidos se han analizado buscando, además de los datos medios, la dispersión observada entre ellos.

En la tabla 3.12 se observa que la materia orgánica, la pedregosidad y la textura, presentan comportamientos muy semejantes, por lo que la media obtenida se considera representativa para identificar las características de los Regosoles.

Por el contrario, el comportamiento con relación al pH es muy variable, lo cual es lógico, ya que esta característica está muy condicionado por la naturaleza del material parental. En este caso, por tanto, más que el valor medio, se tendrá en cuenta el rango de variabilidad observado.



Muestra	Autor	Pedregosidad	Ph	%Arena	%Limo	%Arcilla	Textura	% M.O.	M.O	D.M.P.
SE-1	María del Riego	Abundante	4,20	88,76	7,40	3,84	arenoso-franco	2,37	Medio	0,70
SP-2	María del Riego	Nula	7,45	80,40	6,76	12,84	arenoso-franco	5,97	Alto	2,50
SF-3	María del Riego	Media	7,55	90,96	1,40	7,64	Arena	5,27	Alto	1,93
SP-4	María del Riego	Media	6,94	75,12	1,68	23,20	arenoso-franco	14,38	Muy Alto	1,69
SF-5	María del Riego	Nula	7,46	71,96	1,04	27,00	franco-arcillo-arenoso	4,14	Alto	1,10
CP-17	María del Riego	Nula	7,33	71,80	21,72	6,48	arenoso-franco	3,95	Alto	1,23
CF-18	María del Riego	Nula	7,33	71,80	6,48	21,72	franco-arenoso	2,58	Medio	1,98
CK-19	María del Riego	Nula	7,66	71,52	9,20	19,28	franco-arenoso	1,78	Medio	1,44
IC-21	María del Riego	Nula	7,56	90,24	1,04	8,72	arena	3,77	Alto	0,71
TP-26	María del Riego	Nula	7,52	89,24	4,20	6,56	arena	5,49	Alto	1,03
TF-27	María del Riego	Media	7,61	79,88	10,84	9,28	arenoso-franco	4,63	Alto	1,05
TF-29	María del Riego	Nula	7,95	49,24	19,40	31,36	franco-arcillo-arenoso	1,55	Medio	1,06
E2o	Carlos Jiménez	Nula	7,34	66,60	4,70	28,70	franco-arcillo-arenoso	0,88	Bajo	0,90
E1t	Carlos Jiménez	Nula	7,60	72,00	19,20	8,80	arenoso-franco	2,50	Medio	0,69
C2t	Carlos Jiménez	Nula	8,00	45,90	32,40	21,70	franco	0,83	Bajo	0,61
T1t	Carlos Jiménez	Media	7,50	41,90	32,10	26,00	franco	2,04	Medio	0,89
Te2o	Carlos Jiménez	Media	7,22	69,90	16,40	13,70	franco-arenoso	2,55	Medio	1,41
Te1t	Carlos Jiménez	Media	7,66	46,20	27,10	26,70	franco-arcillo-arenoso	1,67	Medio	0,71
5	M ^a Jesús Serra	Nula	7,23	74,76	19,20	6,04	franco-arenoso	4,29	Alto	1,83
9	M ^a Jesús Serra	Nula	8,18	48,60	37,84	13,56	franco	1,66	Medio	0,57
Leptosol rendzico		Nula	7,53	69,84	14,01	16,16	Franco-arenoso	3,61	Alto	1,34

Tabla 3. 5: Características de los suelos clasificados como Leptosol réndzico

Nota: Al hacer la media de los Ph, se ha excluido el primer valor por considerarlo erróneo al estar totalmente alejado del resto de datos.



3.ELABORACIÓN DE INFORMACIÓN

Muestra	Autor	Pedregosidad	Ph	%Arena	%Limo	%Arcilla	Textura	% M.O.	M.O	D.M.P.
SE-1	María del Riego	Abundante	4,20	88,76	7,40	3,84	arenoso-franco	2,37	Medio	0,70
SP-2	María del Riego	Nula	7,45	80,40	6,76	12,84	arenoso-franco	5,97	Alto	2,50
SF-3	María del Riego	Media	7,55	90,96	1,40	7,64	arena	5,27	Alto	1,93
SP-4	María del Riego	Media	6,94	75,12	1,68	23,20	arenoso-franco	14,38	Muy	1,69
SF-5	María del Riego	Nula	7,46	71,96	1,04	27,00	franco-arcillo-arenoso	4,14	Alto	1,10
SC-6	María del Riego	Nula	7,60	80,32	5,40	14,28	franco-arenoso	5,00	Alto	1,76
NP-7	María del Riego	Nula	7,99	32,60	33,76	33,64	franco-arcilloso	0,48	Muy	1,47
CP-17	María del Riego	Nula	7,33	71,80	21,72	6,48	arenoso-franco	3,95	Alto	1,23
CF-18	María del Riego	Nula	7,33	71,80	6,48	21,72	franco-arenoso	2,58	Medio	1,98
CK-19	María del Riego	Nula	7,66	71,52	9,20	19,28	franco-arenoso	1,78	Medio	1,44
IC-20	María del Riego	Nula	7,81	60,24	9,04	30,72	franco-arcillo-arenoso	3,44	Medio	1,24
IC-21	María del Riego	Nula	7,56	90,24	1,04	8,72	arena	3,77	Alto	0,71
BP-22	María del Riego	Nula	7,71	79,24	4,68	16,08	franco-arenoso	3,07	Medio	0,89
BF-23	María del Riego	Nula	7,66	91,52	0,04	8,44	arena	4,20	Alto	1,13
BK-24	María del Riego	Nula	7,38	80,88	4,68	14,44	franco-arenoso	5,11	Alto	0,82
BC-25	María del Riego	Nula	7,65	72,88	9,20	17,92	franco-arenoso	4,52	Alto	1,26
TP-26	María del Riego	Nula	7,52	89,24	4,20	6,56	arena	5,49	Alto	1,03
TF-27	María del Riego	Media	7,61	79,88	10,84	9,28	arenoso-franco	4,63	Alto	1,05
TF-29	María del Riego	Nula	7,95	49,24	19,40	31,36	franco-arcillo-arenoso	1,55	Medio	1,06
E2o	Carlos Jiménez	Nula	7,34	66,60	4,70	28,70	franco-arcillo-arenoso	0,88	Bajo	0,90
E1t	Carlos Jiménez	Nula	7,60	72,00	19,20	8,80	arenoso-franco	2,50	Medio	0,69
C2t	Carlos Jiménez	Nula	8,00	45,90	32,40	21,70	franco	0,83	Bajo	0,61
T2o	Carlos Jiménez	Media	7,59	71,90	22,10	6,00	arenoso-franco	2,60	Medio	1,37
T1t	Carlos Jiménez	Media	7,50	41,90	32,10	26,00	franco	2,04	Medio	0,89
Te2o	Carlos Jiménez	Media	7,22	69,90	16,40	13,70	franco-arenoso	2,55	Medio	1,41
Te1t	Carlos Jiménez	Media	7,66	46,20	27,10	26,70	franco-arcillo-arenoso	1,67	Medio	0,71
5	Mª Jesús Serra	Nula	7,23	74,76	19,20	6,04	franco-arenoso	4,29	Alto	1,83
9	Mª Jesús Serra	Nula	8,18	48,60	37,84	13,56	franco	1,66	Medio	0,57
Leptosol réndzico		Nula	7,57	70,23	13,18	16,59	franco-arenoso	3,73	Alto	1,21

Tabla 3. 6: Características de los suelos caracterizados como *Leptosol réndzico* y *Leptosol lítico réndzico*



3.ELABORACIÓN DE INFORMACIÓN

Muestra	Autor	Pedregosidad	Ph	%Arena	%Limo	%Arcilla	Textura	% M.O.	M.O	D.M.P.
SF-5	María del Riego	Nula	7,46	71,96	1,04	27,00	franco-arcillo-arenoso	4,14	Alto	1,10
CF-18	María del Riego	Nula	7,33	71,80	6,48	21,72	franco-arenoso	2,58	Medio	1,98
BF-23	María del Riego	Nula	7,66	91,52	0,04	8,44	arena	4,20	Alto	1,13
TF-27	María del Riego	Media	7,61	79,88	10,84	9,28	arenoso-franco	4,63	Alto	1,05
TF-29	María del Riego	Nula	7,95	49,24	19,40	31,36	franco-arcillo-arenoso	1,55	Medio	1,06
E2o	Carlos Jiménez	Nula	7,34	66,60	4,70	28,70	franco-arcillo-arenoso	0,88	Bajo	0,90
T2o	Carlos Jiménez	Media	7,59	71,90	22,10	6,00	arenoso-franco	2,60	Medio	1,37
Te2o	Carlos Jiménez	Media	7,22	69,90	16,40	13,70	franco-arenoso	2,55	Medio	1,41
5	MªJesús Serra	Nula	7,23	74,76	19,20	6,04	franco-arenoso	4,29	Alto	1,83
Leptosol réndzico		Nula	7,49	71,95	11,13	16,92	franco-arenoso	3,05	Medio	1,31

Tabla 3. 7: Características de los suelos clasificados como Leptosol lítico réndzico y Leptosol réndzico – suelos no modificados

Muestra	Autor	Pedregosidad	Ph	%Arena	%Limo	%Arcilla	Textura	% M.O.	M.O	D.M.P.
TF-35	María del Riego	Abundante	5,99	79,32	3,96	16,72	franco-arenoso	0,83	Bajo	1,87
T4o	Carlos Jiménez	Media	6,92	73,90	21,10	5,00	franco-arenoso	1,58	Medio	0,55
Leptosol lítico		Abundante	6,46	76,61	12,53	10,86	Arenoso-franco	1,20	Bajo	1,21

Tabla 3. 8: Características de suelos clasificados como Leptosoles líticos

Muestra	Autor	Hor	Pedregosidad	Ph	%Arena	%Limo	%Arcilla	Textura	% M.O.	M.O	D.M.P.
1-2	MªJesús Serra	A	Nula	7,89	53,76	32,56	13,68	franco-arenoso	1,71	Medio	1,51
		B	Apreciable	7,89	65,76	24,56	9,68	franco-arenoso	0,93	Bajo	1,76
10	MªJesús Serra	-	Nula	7,72	52,60	26,84	20,56	franco-arcillo-arenoso	0,26	Muy bajo	2,04
Fluvisol			Nula	7,80	56,18	27,7	16,12	franco-arenosa	0,79	Bajo	1,84

Tabla 3. 9: Características de suelos clasificados como Fluvisoles



Muestra	Autor	Hor	Pedregosidad	Ph	%Arena	%Limo	%Arcilla	Textura	% M.O.	M.O
A	Mª Jesús Serra	A	Nula	5,61	15,48	31,72	52,80	franco-arenoso	3,12	Medio
		B	Nula	6,74	20,12	38,72	41,16	Franco	0,96	Bajo
B	Mª Jesús Serra	A	Nula	5,56	45,84	10,36	43,80	Arcilloso	0,62	Bajo
		B	Nula	5,80	17,80	30,04	52,16	franco-arenoso	2,88	Medio
Luvisol			Nula	5.93	24,81	27,71	47,48	Arcilloso	1,90	Medio

Tabla 3. 10: Características de los suelos clasificados como Luvisol

Muestra	Autor	Hor	Pedregosidad	Ph	%Arena	%Limo	%Arcilla	Textura	% M.O.	M.O	D.M.P.
3-4	Mª Jesús Serra	A	Apreciable	7,62	53,10	28,80	18,10	franco-arenoso	1,14	Bajo	2,05
		B	Apreciable	7,53	43,50	35,80	20,70	Franco	0,67	Bajo	2,29
Cambisol léptico			Apreciable	7,58	48,30	32,30	19,40	Franco	0,91	Bajo	2,17

Tabla 3. 11: Características de los suelos clasificados como Cambisol léptico



Muestra	Autor	Pedregosidad	Ph	%Arena	%Limo	%Arcilla	Textura	% M.O.	M.O	D.M.P.
CE-13	María del Riego	Abundante	6,28	75,60	11,80	12,60	franco-arenoso	3,90	Alto	1,78
TC-30	María del Riego	Media	7,52	62,60	13,40	24,00	franco-arcillo-arenoso	2,64	Medio	1,46
JE-31	María del Riego	Media	6,33	66,60	23,10	10,30	franco-arenoso	2,69	Medio	1,90
JP-32	María del Riego	Abundante	7,41	53,20	28,80	18,00	franco-arenoso	2,43	Medio	2,18
TE-33	María del Riego	Abundante	5,55	83,60	7,68	8,72	arenoso-franco	2,28	Medio	1,18
TP-34	María del Riego	Abundante	7,35	84,88	6,32	8,80	arenoso-franco	3,78	Alto	2,36
6	Mª Jesús Serra	Abundante	6,17	53,60	35,84	10,56	franco arenoso	1,91	Medio	2,22
Regosol léptico		Abundante	6,6-7,3	68,58	18,13	13,28	franco-arenoso	2,80	Medio	1,87

Tabla 3. 12: Características de los suelos clasificados como Regosol léptico

Unidad de suelo	Profundidad (cm)	Pedregosidad	pH	% arena	% limo	%arcilla	Textura	%M.O.	M.O.
Leptosol réndzico	0-25	Nula	7,57	70,23	13,18	16,59	franco-arenoso	3,73	Alto
Leptosol lítico	0-10	Abundante	6,46	76,61	12,53	10,86	arenoso-franco	1,20	Bajo
Regosol léptico	25-55	Abundante	6,66	68,58	18,13	13,28	franco-arenoso	2,80	Medio
Fluvisol	>100	Nula	7,8	56,18	27,7	16,12	franco-arenoso	0,79	Bajo
Cambisol léptico	35	Apreciable	7,58	48,30	32,30	19,40	Franco	0,91	Bajo
Luvisol	>100	Nula	5,9275	24,81	27,71	47,48	Arcilloso	1,90	Medio

Tabla 3. 13: Caracterización final de los suelos registrados



3.2.5 Mapa de suelos elaborado a partir de la información obtenida

Tras sintetizar toda la información elaborada en el *apartado 3.2 Mapa de suelos*, la figura 3.10 muestra el mapa obtenido con los diferentes tipos de suelo y su distribución, mientras que la tabla 3.13 expone un resumen de las características de cada uno de ellos.

Los suelos detectados en la zona, se puede ver que son suelos con muy poca evolución y prácticamente sin diferenciación de horizontes

Por un lado, los *Leptosoles* son suelos muy delgados y se trata, con mucha diferencia, del suelo predominante en la zona de estudio ocupando el 90 % de la superficie total. Dentro de ellos, los *Leptosoles réndzicos* suponen un 50,66 % de la superficie total, (85551,34 ha), los *Leptosoles líticos* un 28,5 % (48121.96 ha) y los *Leptosoles nudilíticos* un 10,90 % (18407,44 ha). Por último, los *Leptosoles háplicos*, muy escasos, con 376,12 ha, un 0,22 % del terreno. Con carácter general, se puede afirmar que los *Leptosoles réndzicos* se distribuyen en la zona oeste y central del distrito, mientras que los *Leptosoles líticos* son más característicos de la parte este. Con respecto a la zona erosionada (*Leptosoles nudilíticos*) se encuentra concentrada en el dentro del distrito especialmente en la parte sur.

Un poco más profundos, los *Regosoles*, que ocupan 1,17 % de la superficie total, es decir 1979,91 ha. Son suelos muy jóvenes, caracterizados por no tener ningún tipo de diferenciación particular.

Más evolucionados, aparecen los *Cambisoles* que como su nombre indica son suelos donde empieza a aparecer una ligera diferenciación de horizontes, en este caso acusada por su color. En Coixtlahuaca sólo se han detectado 487,55 ha, lo que supone un 0,29 % de la superficie total.

Los *Regosoles* y los *Cambisoles*, aparecen formando manchas en distintas zonas del distrito.



Los *Luvisoles*, ocupan 9391,40 ha, el 5,56 % de la zona de estudio y se encuentran exclusivamente en el extremo sureste del distrito.

Por último, los *Fluvisoles*, aparecen cerca de los cauces de los ríos y ocupan una superficie de 4556,71 ha (2,70 % de la superficie total).

En la zona sureste se detectaron *Vertisoles*, sin embargo, se trata de una mancha muy pequeña, que además queda totalmente incluida en la reforestación, por lo que no se va a introducir como nueva unidad de suelo.

Como última consideración, hay que tener en cuenta, que en el distrito de Coixtlahuaca aparecen muchas manchas de diferentes tipos de suelos imbuidas dentro de otra unidad predominante. Este hecho no se ha plasmado durante la elaboración del mapa.

La justificación es que a efectos de aplicación de los diferentes modelos, no se puede tener en cuenta dicha mezcla, sino sólo la unidad de suelo predominante. Por tanto, dado que la creación de este mapa de suelos, se ha hecho exclusivamente para ponerla al servicio de dichos modelos, no se consideraron las pequeñas zonas con diferente tipo de suelo, sino únicamente la unidad protagonista.

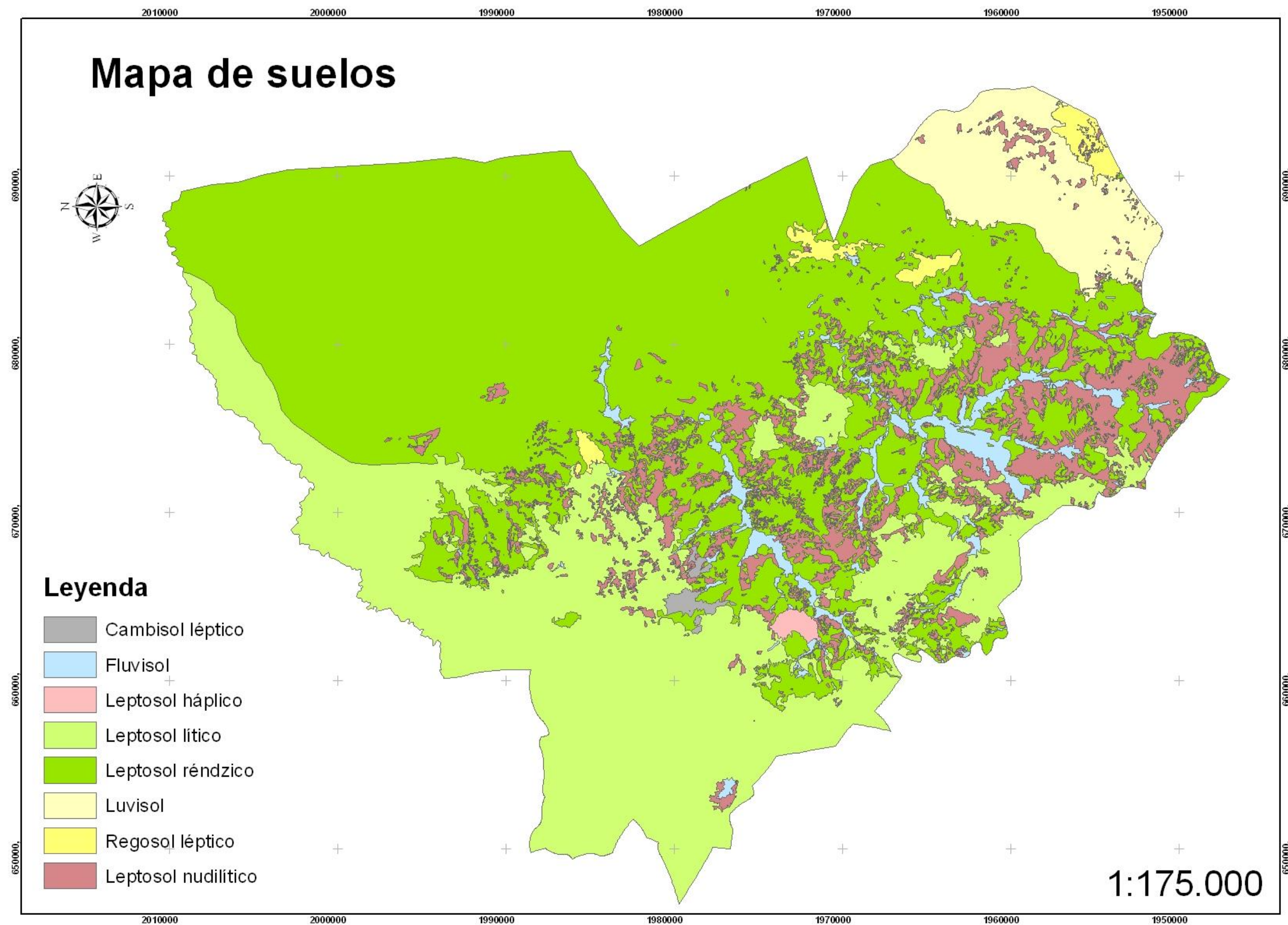


Fig 3. 10: Mapa de suelos del distrito de Coixtlahuaca
(M^a Jesús Serra, 2010)



3.3 PROCESO DE ELABORACIÓN DEL MAPA DE VEGETACIÓN Y USOS DEL SUELO

A la hora de obtener un mapa de usos, el procedimiento seguido durante los primeros pasos fue muy similar al descrito en el apartado anterior. De nuevo, la cartografía más adecuada y actual de la que se disponía era el mapa realizado por el Instituto de Geografía de la UNAM a escala 1:250000 para el proyecto titulado *“Diagnóstico del Ordenamiento Territorial del Estado de Oaxaca”*.

A la vez que se comprobaba en campo la fiabilidad del mapa de suelos, se validó la de este mapa con resultados idénticos: aunque los tipos de uso registrados en este mapa se encontraban en el distrito de Coixtlahuaca, los polígonos delimitados para cada caso no se correspondían con la realidad.

Sin embargo, el mapa de usos, presentaba una importante diferencia con respecto al mapa de suelos. Durante el desarrollo del proyecto, Elena Herrero, estudiante de la E.T.S.I. de Montes, ya citada con anterioridad, estaba desarrollando su PFC centrado en la elaboración de un mapa de vegetación y usos del distrito de Coixtlahuaca. En un principio se decidió emplear dicho mapa para el desarrollo de este proyecto. Finalmente, sin embargo, esta solución no fue viable.

Este trabajo pretende, una vez determinado el mapa de usos potenciales a través de modelos de evaluación de tierras, compararlo con el de usos actuales para determinar qué zonas están actualmente siendo gestionadas de acuerdo con sus aptitudes y cuáles no. En el modelo para determinar el mapa de usos potenciales, se analizan las aptitudes para el uso agrícola, y por tanto, es necesario que el mapa de usos actuales disponga de información sobre donde se localizan dichas áreas.

Los usos que recoge el mapa elaborado por Elena Herrero, expuesto en el apartado 2.2.3 *Vegetación y usos del suelo*, figura 2.19 de este mismo proyecto, no distinguen entre agricultura y pastizal, teniendo en su lugar un uso único que abarca ambos, denominado “pastizal y bosque muy abierto” motivo por el cual no era adecuado para desarrollar este proyecto acorde a lo explicado en el párrafo anterior.



Por tanto, se decidió realizar, a la vez que el mapa de suelos, un mapa de usos creando una cartografía perfectamente adaptada a la escala y los objetivos de este proyecto.

Para la realización del nuevo mapa, se disponía de los recursos recopilados para la elaboración del mapa de suelos, es decir, las imágenes de Google Earth (2004) y la imagen del SPOT (2008) donada por Planet Action. De nuevo, como herramienta para crear cartografía digital, se empleó el Arc Gis 9.2. Durante la realización de este trabajo, se comprobó que la entre imagen procedente de Google Earth (tomada en 2004) y la procedente del SPOT (2008), no se observa ningún cambio significativo en lo referente al uso del suelo.

Aprovechando el hecho que se ha citado anteriormente de que Elena Herrero estaba realizando un mapa de usos, se decidió establecer durante la realización del presente mapa, un uso genérico denominado “Forestal” donde se agruparan todas aquellas zonas, en que la vegetación, de porte arbóreo o arbustivo, alcanzaba una alta densidad proporcionando un recubrimiento del suelo adecuado. A continuación, la información referente a estas zonas, se completaría con el mapa de usos elaborado por Elena Herrero.

Así, el resultado final incluye una separación de usos agrícola y pastizal, a la par que combinándolo con el trabajo de Elena Herrero, el uso “Forestal” se subdivide en seis usos más específicos según el tipo de vegetación y sus formaciones

3.3.1 Selección de los tipos de uso del suelo

Antes de comenzar a trabajar en la delimitación de los polígonos, se realizó una visita al campo, para obtener una visión general de la zona, siempre combinando esta labor con el desarrollo del mapa de suelos previamente explicado.

El siguiente trabajo consistió en decidir los diferentes usos en los que se iba a dividir el terreno y caracterizarlos de manera que hubiera la menor duda posible



a la hora de incluir un terreno en uno u otro grupo. Finalmente, teniendo en cuenta lo detallado anteriormente, se escogieron seis usos que se describen a continuación.

- **Forestal**

En este grupo quedan incluidas todas aquellas zonas en las que la vegetación es de porte arbóreo o arbustivo, pero en cantidad densa y con un recubrimiento del suelo adecuado. Este uso, posteriormente se subdividirá en seis diferentes dependiendo de los distintos tipos de vegetación y sus formaciones características.



Fig 3. 11: San Cristóbal Suchixtlahuaca, reforestación, matorral espinoso y pasto

(M^a Jesús Serra, 2010)

- **Agrícola**

En este uso se incluyen todas las zonas destinadas a la agricultura, bien en terrazas o en llanuras. Las zonas en barbecho, que en el momento de elaboración de este mapa parecían pastizales, pero que claramente han sido roturados y empleados hace poco tiempo para este fin, también se han incluido en este grupo.



- **Matorral-pastizal degradado**

Este se trata del uso más heterogéneo ya que incluye zonas, relativamente en buen estado, donde incluso aparecen arbolillos o arbustos dispersos pero, también quedan incluidas otras con pastizales muy degradados, a punto de perderse por completo.

- **Zonas erosionadas**

En este uso se han incluido todas aquellas zonas donde ha desaparecido por completo el recurso “suelo” con el consiguiente afloramiento de la roca madre. Hay que remarcar, que este material, como ya se describió en el *apartado 2.2.2 Geología, geomorfología y suelos*, no siempre se trata de una roca dura y consistente, sino que en la mayoría de los casos, se trata de un material de poca consistencia conocido localmente como tepetate.

- **Urbano**

Los asentamientos humanos, invernaderos o construcciones de gran envergadura, se han agrupado conformando este grupo. Se trata de muy poca superficie, dado que Coixtlahuaca es una zona muy rural.

- **Cuerpo de agua**

Este tipo ocupa una superficie mínima en el distrito. Como su nombre indica, se han incluido todos aquellos cuerpos de agua que se distribuyen en la zona de estudio. Salvo alguna pequeña presa, no hay ninguno relevante.

3.3.2 Delimitación de los polígonos

Una vez establecidos los tipos de uso, se procedió a la delimitación de los polígonos, trabajo que se realizó con gran precisión, comprobando para cada caso las dos imágenes disponibles del SPOT y del Google Earth.

De nuevo, una vez terminado el trabajo de gabinete, se procedió a la comprobación de los resultados en campo. Los recorridos se pueden observar en la figura 3.8 donde se especifican las rutas y una relación de lugares



comprobados *de visu*.

Es importante destacar, que gracias a la disponibilidad de la imagen de satélite y aprovechando la resolución del Google Earth, en un 90 % de los sitios comprobados, coincidió el uso diagnosticado en gabinete y el observado campo. El 10 % restante se correspondía principalmente con barbechos que se habían confundido con pastizales.

Por otro lado, no se puede obviar el hecho, de que dada la inaccesibilidad de las zonas montañosas, los puntos de comprobación en ellas han sido muy reducidos pudiéndose validar únicamente las zonas limítrofes en la mayoría de los casos. Sin embargo, dado que los sitios comprobados mostraban un 90 % de aciertos y, sumado a que estas zonas periféricas, en general quedan englobadas por el uso denominado “Forestal”, que va a ser enriquecido con el mapa de Elena Herrero, este inconveniente no supuso mayor problema a la hora de desarrollar el proyecto.

Otro inconveniente que surgió a lo largo de esta fase, es la densa formación de nubes que aparecen en las imágenes de Google Earth en los alrededores de San Francisco Teopan, En este caso, sólo se pudo emplear la foto de satélite, aunque fue suficiente.

3.3.3 Enriquecimiento del mapa obtenido

Una vez establecidos los polígonos finales, se fusionó la información con la procedente del mapa de usos de Elena Herrero tal y como explicó con anterioridad.

Para hacerlo se procedió de la siguiente manera: se programó el ArcGis 9.2 de manera, que para los usos “cuerpo de agua”, “urbano”, “matorral-pastizal degradado”, “agrícola” y “erosionado” procedentes del mapa realizado para este proyecto, priorizara la información de dicho mapa. Sin embargo, en aquellas zonas en las se determinara el uso “Forestal” automáticamente seleccionara el uso establecido por el mapa de Elena Herrero.

De esta forma, se consiguió enriquecer el mapa realizado, manteniendo



diferenciado el uso agrícola del pastizal-matorral. El uso "Forestal" quedó subdividido según el tipo de vegetación y sus formaciones en seis usos que se explican a continuación:

- **Chaparral**

Es un conjunto de vegetación de porte arbustivo entre 1 y 2 metros de altura con gran predominio del "encino chaparro", especie del género *Quercus*. Las especies que lo componen son latifoliadas de carácter perennifolio. Se encuentran los arbustos muy juntos unos con otros siendo espacios difícilmente transitables. Rzedowski, 1978 indica que se trata de una formación pirófito.

- **Selva baja caducifolia**

Bosques dominados por especies arborescentes que pierden sus hojas en la época seca del año. La altura del dosel de copas es de 8 a 12 metros. Muchas especies presentan cortezas de colores llamativos y superficie brillante, exfoliándose continuamente sus partes externas, como es el caso de los copales (*Bursera* sp.).

- **Matorral espinoso**

Constituyen un grupo de vegetación que Rzedowski clasifica dentro de matorral xerófito. Se integra de arbolillos de hasta cuatro metros y en gran proporción, espinoso. Aparte de las espinas presentan otras adaptaciones a la xericidad como hojas pequeñas u hojas compuestas por folíolos o segmentadas.

- **Matorral xerófito**

Bajo este uso se agrupan gran número de formas biológicas. La más importante es la palma (*Brahea dulcis* Mart.), especie calcícola muy usada para la elaboración de artesanía. Este tipo de vegetación no cubre totalmente el suelo sino que comúnmente deja claros en los que aparecen hierbas y matorrales.

- **Bosque de *Quercus* sp.**

El bosque de *Quercus*, lo forman árboles del género *Quercus*, de 3 a 8 metros de altura. Se suele encontrar asociado con arbustos de chaparral y el madroño



(*Arbutus xalapensis* Kunth.), de menor altura que el encino. Es muy común la existencia de plantas epifitas.

- **Reforestaciones**

Tal y como su nombre indica, en este tipo quedaron incluidas todas las reforestaciones, independientemente de la especie empleada.

3.3.4 Mapa de vegetación y usos del suelo elaborado a partir de la información obtenida

El resultado final obtenido, se expone en la figura 3.12.

Como se puede observar, el uso agrícola queda relegado a la parte central y sureste del distrito, quedando íntimamente ligado al uso “Matorral-pastizal” y a las zonas erosionadas.

Los principales protagonistas de las áreas forestales son el chaparral, el bosque de *Quercus* y el matorral espinoso. Éstos se encuentran situados por toda la periferia del distrito. También supone una superficie importante, la selva baja caducifolia, situada al norte del distrito, debido que esta zona se corresponde con la menor altitud y por tanto permite a dicha formación desarrollarse.

Resulta muy llamativa la gran superficie declarada como zona erosionada. Aunque no alcance un porcentaje elevado con respecto a otras zonas, teniendo en cuenta que se trata de superficies totalmente degradadas se trata de un valor muy alto y difícilmente recuperable.

Los núcleos urbanos y los cuerpos de agua ocupan superficies insignificantes

A lo largo del *capítulo 5*, se expone de forma muy detallada, los diferentes porcentajes que ocupa cada uso en relación a la superficie total y el área correspondiente.

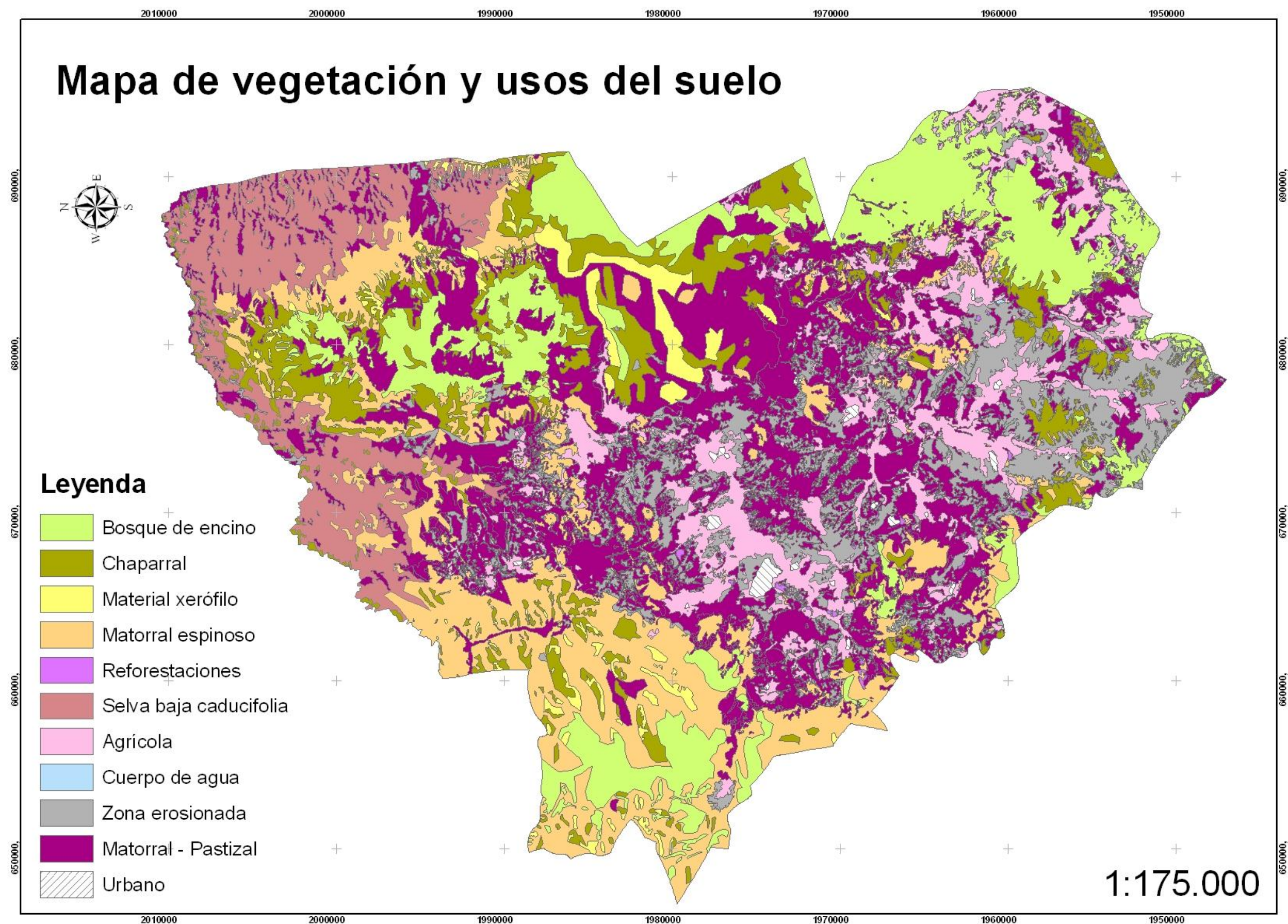


Fig 3. 12: Mapa de vegetación y usos del suelo
(M^a Jesús Serra, 2010)



3.4 INFORME DE VALORACIÓN SOCIAL, ENTREVISTAS

Dada la naturaleza de este proyecto, se considera a la población imprescindible a la hora de su realización. La población es siempre la única verdadera ejecutora de un proyecto de planificación y especialmente en estos tipos de estructuras sociales donde todo el trabajo para el pueblo lo realiza el propio pueblo. Es por esto que se realizaron entrevistas, no solo para conocer los deseos y gustos de la población, sino también para que se sintieran integrados en el proyecto, de manera que en caso de realizarse, lo consideraran en parte algo suyo.

3.4.1 Planteamiento de las entrevistas

Se han realizado 24 entrevistas, todas ellas con una estructura abierta y de una duración aproximada de tres cuartos de hora. En un principio se estudió la posibilidad de que las entrevistas fueran cerradas, pero resultaba muy difícil entablar una conversación fluida con esa estructura. Además, en la respuesta a las preguntas, las personas no daban nunca una respuesta concreta, siempre razonaban y lo relacionaban con alguna experiencia que hubieran vivido. Con la idea de aprovechar toda esta información se cambió la estructura permitiendo que cada persona respondiera tal y como quisiera.

Las entrevistas se documentan una por una en el Anexo IV. La figura 3.13 detalla las preguntas realizadas durante las mismas.

A continuación se expone una síntesis de la información obtenida en cada grupo de preguntas. Gracias a esta fase, se obtuvo una idea muy clara de la estructura socio-política de Coixtlahuaca y del reparto de tierras, que se explica detalladamente en el *apartado 2.3 Estructura territorial*.



Grupo de preguntas I:

- ¿Cree que hay mucha emigración? ¿Por qué?
- ¿A dónde han emigrado sus hijos?
- ¿Piensan volver a vivir aquí?

Grupo de preguntas II:

- ¿Fertilizan la tierra?
- ¿Está contento/a con el rendimiento que tiene?
- ¿La deja descansar?
- ¿Dispone de sistema de riego?

Grupo de preguntas III:

- ¿Qué cultiva?
- ¿Ha notado usted que se haya reducido la producción en los últimos años?
- ¿Dispone de maquinaria?
- ¿Vende algo de lo que produce?

Grupo de preguntas IV:

- ¿Realiza algún tipo de artesanía?
- ¿La vende?

Grupo de preguntas V:

- ¿Tiene usted algún tipo de ganado?
- ¿El estado le exige alguna medida de conservación?
- ¿Vende algún producto relacionado con su ganado?

Grupo de preguntas VI:

- ¿Conoce los programas del estado?
- ¿Los usa?
- ¿Funcionan bien?

Grupo de preguntas VII:

- ¿Cómo se distribuye la propiedad de la tierra?
- ¿Las mujeres tienen terrenos?
- ¿Qué papel tiene la mujer en la casa y en el campo?

Fig 3. 13: Relación de preguntas hechas durante las entrevistas

3.4.2 Elaboración de las respuestas

- **Respuesta al grupo de preguntas I**

Existe un marcado fenómeno de emigración en la zona. La mayoría de la gente contaba que todos sus hijos se habían ido a fuera. Esto es especialmente destacable, dado que son familias numerosas de entre cinco y siete niños.



Fig 3. 14: Pastor tras la realización de una entrevista en San Juan Bautista Coixtlahuaca
(Carlos Jiménez Barrios, 2010)

Sobre la posibilidad de volver, pocos vuelven para quedarse. No se olvidan del pueblo, pero ya sólo vienen de visita.

Al analizar los motivos, de la fuerte emigración aparecen diversas opiniones: unos dicen que la culpa es de que los jóvenes estudien porque ya no se

quieren dedicar al campo, otros que ya no llueve y por lo tanto el campo ya no da suficiente trabajo, otros opinan que las nuevas generaciones son muy “blanditas” y buscan trabajar en cosas menos duras...Hubo un agricultor, que comentó que la causa de que se haya agravado la erosión en Coixtlahuaca se debía a la emigración (ver entrevista 11 en Anexo IV). Su explicación era que las tierras que se habían cultivado y dejaban de trabajarse, se convertían en tierras víctimas de la erosión, dado que ya no disponían de ninguna vegetación que las sujetase.

- **Respuesta al grupo de preguntas II**

La respuesta casi unánime a esta pregunta es que no fertilizan. Todos “saben” que el fertilizante es malo y dicen que estropea la tierra y ya no vuelve a dar buenas cosechas, quedando baldía para siempre. Como mucho, aquel que



tiene ganado o pollos, usa el abono que le proporcionan.

Pocas personas declararon estar conformes con el rendimiento de las tierras, ya que alegan que produce poco y de mala calidad. Solo un gran terrateniente, dueño de muchísimas terrenos e incluso con maquinaria propia comentó que el problema no era la baja productividad de la tierra sino que la gente no cuidaba sus cosas, que él cuidaba su cosecha y le iba muy bien (ver entrevista 8).

En general sólo hacen un cultivo al año en la época de lluvias y casi todo el mundo deja descansar la tierra durante la temporada entre cultivos. Siembran en Mayo recogen en Octubre y el resto del tiempo dejan la tierra en reposo. Una minoría, lleva a cabo una segunda cosecha llamada localmente “el venturero”, ya que se trata de una aventura que no se sabe si llegará a buen término. En este caso, siembran en noviembre (temporada seca) y si tienen suerte y llueve un poco, en febrero marzo lo recogen. De hecho hay años que de esta siembra se obtiene un resultado tan malo que no recogen la cosecha y llevan allí a su ganado a que se la coma. En el momento en el que se realizaban las entrevistas, se estaba recogiendo la cosecha de la temporada seca.

Casi ninguno dispone de riego salvo los que tienen sus parcelas al lado del río. En Ihuatlán Plumas, con anterioridad había bastante cultivo de riego, pero dada la gran erosión se les colmató la presa de donde provenía el agua y no pueden vaciarla por sus propios medios por lo que hubo que dejar de regar. Actualmente es en Suchixtlahuaca, donde, al menos según la información recogida durante la realización de estas entrevistas, parece haber un mayor número de parcelas en las que se dispone de sistema de riego.

- **Respuesta al grupo de preguntas III**

Todo el mundo cultiva maíz, frijol y trigo. Están todos de acuerdo en que la producción nunca ha sido muy buena y, aunque tienen suficiente para ellos, no pueden vender nada de lo que producen.

Muchas personas se quejan de una reciente irregularidad en la distribución de las precipitaciones que les causa la pérdida, muchas veces completa, de las cosechas. Dicen que antes era diferente y podían saber exactamente cuándo

sembrar para que la cosecha fuera bien, dado que conocían perfectamente el régimen de precipitaciones. Achacan este cambio climático a la deforestación aunque ninguno recuerda, ni siquiera los más ancianos, haber oído hablar del distrito con mejores condiciones ambientales.

Respecto a la maquinaria, ninguno posee la suya propia salvo un terrateniente de Suchixtlahuaca (ver entrevista 8).

En ninguna cabeza de municipio se utiliza ya la yunta tirada por ganado. Por el contrario, en todos estos casos, las propias comunidades disponen de maquinaria, de manera que cada comunero puede alquilarla y trabajar su terreno. En las agencias, hay más variedad. En algunas, a pesar de que predomina la utilización de maquinaria, hay personas que aún usan la yunta. En otras, la mayoría, se utiliza tanto yunta como tractor, en un 50 %.

En cualquiera de los casos, no suele ser el dueño de la tierra quien la labra, sino que suele contratar o un tractorista o una persona con yunta. El precio de ambos varía. La yunta se paga por horas de trabajo mientras que el tractor por hectáreas labradas. Por esto, a veces a la gente le sale más económico contratar el tractor. Sin embargo hay zonas muy en pendiente, donde solo se puede trabajar con la yunta.

Con respecto a la producción, salvo en el caso del terrateniente, nadie vende nada de lo que produce en el campo. Todo está destinado al autoconsumo.

• Respuesta al grupo de preguntas IV

En todas las comunidades se realizaban artesanías hasta hace relativamente poco tiempo, aproximadamente 20 años. Ahora, en la mayoría de los casos se



Fig 3. 15: Conductor de la UTM acompañante de Santiago Ihuitlán Plumas
(María del Riego, 2010)



han dejado de hacer.

Actualmente, en Suchixtlahuaca, hacen tortillas de trigo que venden las mujeres en la carretera y lo consideran su artesanía. Dicen que la construcción de la supercarretera, que atraviesa el distrito de Coixtlahuaca de Norte a Sur, les ha favorecido mucho porque ha permitido nuevas posibilidades para ganarse la vida. Las tortillas es un ejemplo de ello.

En otras comunidades aún se siguen haciendo sombreros de palma. Los tejen las mujeres. Son capaces de hacer unos seis sombreros al día de media, pero cada sombrero se lo pagan entre 5 y 8 pesos mexicanos (aproximadamente entre 30 y 50 céntimos de euro), así que al día ganan unos 48 pesos a lo sumo. Esta cantidad supone menos de tres euros al día trabajando la jornada completa. Por este motivo, ya solo las personas mayores realizan esta labor. Normalmente, dada la escasez de la palma en el distrito, ésta no se recoge del campo, sino que se compra a otros núcleos, fundamentalmente al distrito vecino, Nochixtlán. Sólo en el caso de la agencia de “Las Palmas”, que como su nombre indica es abundante en este tipo de vegetación, las propias mujeres recogen la palma para fabricar sus sombreros. Existen casos, en los que la materia prima ha cambiado y en lugar de palma, se emplea plástico.

- **Respuesta al grupo de preguntas V**

De las 24 personas entrevistadas aproximadamente la mitad tenía ganado, en la mayoría de los casos caprino. Independientemente de tener o no ganado, todos estuvieron de acuerdo en que el número de cabezas se había reducido considerablemente.

Sólo en el caso de Tepelmeme, queda algún rebaño grande, dado que su forma de pastorear es diferente a la del resto de municipios. Los pastores no hacen todos los días la misma ruta volviendo a casa al atardecer, sino que salen con el rebaño y se ausentan durante dos o tres meses, moviendo al ganado por los pastos, suponiendo así una carga mucho menor para el medio ambiente. Tepelmeme, pertenece a la Reserva de la Biosfera y, aunque este tipo de actividades están permitidas, también están controladas. En el resto de los casos, los rebaños son pequeños y, la tendencia es reducir el ganado



caprino y cambiarlo por el bobino. Prácticamente en ningún caso hay ganado vacuno.

La causa de esta reducción del número de cabezas de ganado se debe por un lado a la reducción de los pastos así como a la de pastores. Los pastos se han reducido considerablemente no sólo por la diferente distribución de las lluvias que ya se ha citado anteriormente, sino también por una gran cantidad de nuevas zonas acotadas al pastoreo ya que han sido reforestadas recientemente. El número de pastores se ha reducido por la emigración y por que los jóvenes que quedan ya no quieren ser pastores, tienen otros trabajos o la obligación de ir a clase. Llama mucho la atención ver que los pastores son todos personas mayores acompañando a las cabras por el campo.

El ganado se usa como fuente de alimentación. No se aprovecha ni la lana de las ovejas (aunque antiguamente sí) ni la leche de las cabras. Las familias, en general no venden el ganado y lo guardan como una especie de garantía para el caso de que tengan alguna urgencia. Es en caso de necesidad, cuando venden las cabezas que sean necesarias para cubrir sus necesidades.

En el caso de que estén recibiendo ayuda del estado para el ganado con el programa PROGAN (solo ocurrió en un caso, ver entrevista 9) se les exigen medidas de conservación, aunque no el implicado no tenía muy claro cuales todavía, ya que era el primer año que se beneficiaba de ese programa.

- **Respuesta al grupo de preguntas VI**

En un principio, al observar la baja participación en los programas del estado que se daba en el distrito, la teoría para explicarlo fue que la población a la que estaban destinados, probablemente no los conocía. Sin embargo, los habitantes de Coixtlahuaca, aunque no conocían los programas del estado uno a uno, sí eran conscientes de su existencia.

Todo el mundo conocía el programa **Procampo** sin embargo, no todos estaban inscritos en él y el plazo cerró hace ya muchos años. Este es el programa que mejor conoce la gente y todos están de acuerdo en que aquel esté inscrito recibe las ayudas puntualmente. Cuando se abrió el plazo de inscripción, algunos no se enteraron, otros desconfiaron del estado e incluso hubo algunos



que “les dio pereza” hacer todos los papeles que hacía falta para inscribirse. Hubo dos personas de Ihuatlán Plumas que afirmaron que en esos años hubo un rumor en el pueblo de que el gobierno quitaría las tierras a aquel que se inscribiera (ver entrevista 16).

Con el programa Procampo reciben entre 800-1000 pesos por hectárea cultivada y año. También reciben algo cuando dejan la tierra descansar. Un representante de toda la comunidad en San José Buenavista, agencia de Santa María Nativitas, defendió firmemente ante toda la población que la causa de todos los problemas del campo era de este programa, ya que la gente finge cultivar para obtener las subvenciones y luego invierte el dinero que recibe en otras cosas. Nadie le contradijo.

El programa de **Adquisición de Activos Productivos**, en el que el gobierno financia hasta un 50 % (en algunas excepciones hasta el 90 %) del presupuesto necesario para la compra de tractores, invernaderos, sistemas de riego o cualquier bien que sirva para facilitar la producción, es conocido por más o menos todo el mundo salvo algunas excepciones. Sin embargo, el porcentaje que debía poner cada familia supera con creces sus posibilidades y supone un riesgo demasiado fuerte que la mayoría no están dispuestos a correr. Comentando esto con un miembro de la SAGARPA, comentaron que las veces que se habían financiado los proyectos enteros, sin ningún requerimiento por parte de los beneficiarios, éstos no se habían implicado y los proyectos siempre habían sido un fracaso.

El Programa de **Uso Sustentable de Recursos Naturales para la Producción Primaria**, aunque no era muy conocido, ha realizado numerosas obras de conservación de suelos en el distrito. También dentro de este programa hay una línea de acción que financia las cabezas de ganado hembras, bien sea vacuno, bobino o caprino. La mayoría de la gente no sabe nada sobre la existencia de este programa, aunque en San Juan Bautista Coixtlahuaca (capital del distrito) el número de usuarios ha aumentado bastante en los últimos años, en el resto de municipios no se conoce.

El Programa de **Atención a Problemas Estructurales (Apoyos Compensatorios)**, en su componente de Diesel Agropecuario, es conocido



también por todas las personas que viven en las cabezas de municipio, aunque no ocurre así con las agencias, donde casi nadie lo conoce. El motivo, es que, como se dijo anteriormente, es en las cabeceras donde se utiliza principalmente la maquinaria, por lo que están más informados de un programa relacionado con Diesel. Para utilizar ese programa es necesario estar inscrito en el Programa Procampo, por lo que de nuevo hay mucha gente que lo conoce pero que no puede beneficiarse de él.

Por último, el programa de Programa de **Atención a Contingencias Climatológicas** (PACC), es muy poco conocido y aquellos que lo conocen y lo han intentado usar dicen que estas ayudas nunca llegan, que el estado siempre encuentra la forma de escabullirse.

En una de las agencias, Las Palmas, todas estas ayudas del estado están gestionadas por la fundación AYU. Esta fundación, además de realizarsus propios proyectos, se encarga de ayudar a las comunidades con todos los trámites para conseguir las subvenciones del estado. Realizan una labor muy importante, ya que trabajan únicamente con comunidades que les demuestren interés y que trabajen bien, les informan de sus posibilidades y les ayudan a organizarse. En esta agencia de hecho, ni siquiera sabían que estas ayudas que recibían venían del estado.

Respecto al **Proárbol** es conocido por todos, aunque la mayoría opina que las ayudas son insuficientes para llevar a cabo los proyectos a los que están destinados alegando que hay que comprar la planta, transportarla, plantarle y darle unos primeros riegos, acotarla al ganado...son demasiados gastos.

Una cosa muy marcada en todas las entrevistas, es que en numerosas ocasiones, la gente, aun conociendo los programas y pudiendo acceder a ellos, no estaban dispuestos a llevar a cabo todo el papeleo que se requería. “Es mucho papel y hay que trasladarse...y al final no lo hago nunca...” Esa respuesta ha sido muy común a lo largo de las diferentes entrevistas.

- **Respuesta al grupo de preguntas VII**

La información de lo que significa que un terreno fuera comunal, detallada a lo largo del *apartado 2.3.2 Tipos de propiedad* fue extraída a través de las



entrevistas.

Casi toda la superficie del distrito de Coixtlahuaca, es comunal. Esto quiere decir que la tierra es del pueblo y el pueblo decide sobre ella. La tierra, distribuida entre las distintas familias desde siempre, se deja en herencia a los hijos o a las hijas según lo desee el propietario de la tierra.

A los que trabajan la tierra se les llama comuneros y realizan reuniones periódicas denominadas Asambleas para tomar decisiones. Los comuneros, abonan un impuesto denominado predio, como pago por el permiso para trabajar las tierras. Este dinero se destina al pueblo y la cantidad es fijada por los propios comuneros en las Asambleas. Al ser los mismos los que lo fijan y los que lo pagan suele ser una cifra insignificante, rondando los 10 pesos mexicanos por ha y año (aproximadamente 50 céntimos de euro).

Los trabajos del pueblo, se realizan a través de tequios. Los tequios son trabajos que favorecen al pueblo entero y por tanto todos deben colaborar siendo obligatorio que asista una persona por familia. En los matrimonios acude siempre el hombre de forma que las mujeres sólo van en caso de ser viudas o madres solteras. Esto se debe a que en el momento que una mujer tiene un hijo, aunque viva con sus padres y no tenga marido, se considera que ha formado una familia nueva y, como tal, uno de sus miembros (en este caso solo puede ser la madre) debe ir al tequio. En caso de no asistir al tequio hay que pagar una multa de aproximadamente 100 pesos mexicanos. Las personas que superan cierta edad (entre los 65 y 70 años) quedan exentas de esta obligación.

Una generación antes, todo el mundo iba al tequio. Ahora poco a poco, la gente empieza a preferir pagar la multa. Como son los propios ciudadanos los que deciden que trabajos hacer, aquellos que no quieren ir, votan porque no se haga ningún trabajo para no tener que pagar la multa y cada vez se hacen menos, lo que implica que los caminos se estropean, las reforestaciones no se hacen, las presas se colmatan...

En casi todas las comunidades los dueños de las tierras (los comuneros) son los hombres y por tanto en las Asambleas escasean las mujeres. Los puestos



de mando, como la presidencia de la comunidad o el agente municipal, rotan y cada año asume un comunero la labor. Solo en uno de los municipios, Santa María Jicotlán, se había dado el caso de que una mujer hubiera ocupado un cargo de responsabilidad, la tesorera. En el resto, decían que no había problema y que podía ser, pero nunca ha pasado.

Normalmente al realizar las entrevistas a mujeres no había hombres presentes (aprovechando los días que había tequios y que los hombres se habían ido a trabajar). Así, se pudo preguntar a las mujeres si estaban descontentas con la idea de no poder asistir a las asambleas y votar o con no tener normalmente acceso a los cargos importantes. La mayoría respondió que no, aunque en dos casos, con la sonrisa en la boca dijeron que claro que estaban descontentas, pero que así eran las cosas y habían sido siempre (ver entrevista 18). Los dos casos eran de mujeres que habían ido a trabajar una temporada a México DF. Cuatro mujeres me dijeron que el marido las consultaba antes de votar una cosa u otra en la Asamblea y que por tanto también ellas colaboraban en las decisiones.

Todas las mujeres ayudan a los hombres en los trabajos del campo. En la siembra, plantan las semillas, en la recogida trillan y avientan el trigo o clasifican los maíces según colores y tamaños.

3.4.3 Conclusiones de las entrevistas

- La población es consciente del grave problema de **emigración** documentado en el apartado 2.3.3.2 *Distrito de Coixtlahuaca, datos por municipio* y de los problemas que esto supone.

La falta de gente joven, es una causa directa de la reducción de ganado debido al déficit de pastores. La gente emigra para estudiar, mejorar su calidad de vida u obtener nuevas posibilidades económicas.

- En Coixtlahuaca **no se fertiliza** debido a que la población lo considera una práctica inadecuada. **Tampoco se riega** al no disponer de infraestructura ni de permisos. No muestran un gran interés en esta posibilidad.
- Aunque **nadie dispone de maquinaria** propia, es esta la herramienta



empleada para trabajar en todas las cabeza de municipio. En las agencias, aunque aún hay mucha gente que emplea la yunta, la tendencia es sustituirla poco a poco por los tractores.

- Respecto a los **programas**, el problema principal no es el hecho de que la población los desconozca, sino que existe una fuerte **desconfianza** de los habitantes hacia los organismos gubernamentales. Por otro lado, la burocracia que lleva su solicitud, les desmotiva provocando su completo **desinterés**.
- Por último, la **mujer colabora en las labores del campo**. Sin embargo, casi **nunca es** ella la **dueña** de las tierras **ni tiene acceso a los puestos de mando**.
- Aunque la población no **considera que la productividad** de la tierra se **haya reducido** en los últimos años, cree que sus tierras son poco productivas y dedican toda la cosecha al **autoconsumo**



4 MODELOS DE EVALUACIÓN DE TIERRAS

4.1 INTRODUCCIÓN

El mapa de usos potenciales establece la mayor o menor capacidad de un suelo para adoptar un uso determinado siendo por tanto elemento indispensable a la hora de llevar a cabo una planificación. Sin embargo, elaborarlo no es tarea fácil y, por tanto, se han desarrollado numerosas técnicas y modelos a lo largo del tiempo. Seleccionar una u otra, depende de los objetivos del mapa y de la información disponible para su realización.

La Evaluación de Tierras es el proceso de determinación y predicción del comportamiento de una porción de tierra usada para fines específicos, considerando aspectos físicos, económicos y sociales. Esta evaluación considera los aspectos económicos del uso propuesto, sus consecuencias sociales para la gente del área y del país en general y las repercusiones, benéficas o adversas para el medio ambiente. (FAO, 1976).

Se trata de una herramienta imprescindible a la hora de realizar una planificación racional de los recursos naturales y humanos, que persiga que cada área se utilice de manera que provea el máximo beneficio para la sociedad sin causar una degradación de los recursos.

Dada su importancia, existen una gran cantidad de diferentes métodos y modelos a seguir para llevar a cabo la Evaluación de Tierras. Estos métodos pueden ser desde los más convencionales, basados en variables cualitativas, hasta complicados modelos matemáticos. Las tendencias principales desde 1950 son la incorporación de factores no relacionados con suelos y un aumento en los aspectos cuantitativos (van Diepen et al, 1991).

Entre los métodos de Evaluación de Tierras cualitativos más usados mundialmente, se encuentra la “Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso” (USDA). Este método, fue desarrollado por el Servicio de Conservación de Suelos de los E.E.U.U. en los años 50. Es un método sencillo que cataloga la tierra en ocho clases agrológicas basadas en unidades cartográficas. Como se puede deducir, está enfocado a terrenos destinados principalmente a fines



agrícolas. Dentro de esas ocho clases, son tierras arables desde la I hasta la IV, empeorando su aptitud agrícola a medida que el número de clase avanza. Desde la V hasta la VII son tierras que quedan destinadas a fines ganaderos y forestales, de nuevo aumentando las limitaciones con el número de clase. Por último la clase VIII se trata de zonas para la conservación sin ningún tipo de aprovechamiento posible salvo el recreativo. El establecimiento de las diferentes clases se realiza a partir de una sencilla clave basada en diez parámetros fácilmente determinables. Estos parámetros son los siguientes: Relieve, pendiente, erosión, profundidad efectiva, pedregosidad, salinidad, drenaje natural, inundabilidad, encharcamiento, retención de humedad y permeabilidad. La clasificación no considera aspectos de productividad, beneficio económico u otros factores socioeconómicos.

Por último, una vez determinada la clase agrológica a partir de una sencilla clave, se establecen una serie de directrices para el manejo de cada una de ellas. La ventaja de este sistema radica principalmente en su sencillez.

Otra posibilidad, si se desea emplear un método cualitativo es el Esquema de Evaluación de Tierras de la FAO (1976), basado en aptitudes en lugar de en limitaciones. Se trata de una orientación que engloba los principios, estructura y procedimientos que se deben tener en cuenta a la hora de realizar una Evaluación. En este caso, la evaluación se puede hacer desde un punto de vista económico, físico e incluso incorpora un análisis social. Como resultado se obtiene una clasificación según la unidad de territorio sea apta o no apta y según su grado de adaptabilidad. Existen cinco clases: Altamente apta (A1), Moderadamente apta (A2) y marginalmente apta (A3), No apta actualmente (N1) y No apta permanentemente (N2). Esta clasificación se puede hacer aún más precisa indicando con una letra el tipo de limitación que existe en el momento presente.

Sin embargo, como se citó en líneas anteriores, la tendencia actual es la utilización de modelos cuantitativos. La limitante principal de estos, es que requieren datos muy detallados, probados en áreas muy específicas, por lo que pocas veces son aplicables, especialmente en países en vías de desarrollo. Esto se agrava aún más si se pretende que la información esté recogida a lo



largo de un periodo de tiempo relativamente prolongado para garantizar su fiabilidad. Sin embargo, no se debe descartar la información que se puede obtener a través de experiencias acumuladas a lo largo de los años por agricultores y granjeros locales y, a menudo a través de por estaciones experimentales colocadas por técnicos aislados (expertos agrónomos, especialistas en producción agrícola...). Es común de hecho, que aparezcan estudios de suelos, de usos u otros, muchas veces de gran calidad y que quedan acumulados en oficinas y sin ninguna utilidad aparente.

4.2 DESCRIPCIÓN DEL MODELO ALES

Con el objetivo de permitir la contribución de todas las fuentes de conocimiento relevantes y como respuesta a la gran demanda de información sobre la aptitud de la tierra en países en vías de desarrollo se diseñó el proyecto ALES (Automated Land Evaluation System, Rossiter, 1990; Rossiter & Van Wambeke, 1995). Se trata de un modelo que sigue el Esquema de Evaluación de Tierras de la FAO (1976) pero concretado en ciertos aspectos y mejorado en cuanto a la evaluación macroeconómica. Como resultado se obtuvo un programa informático que permite la creación de modelos cuantitativos que se ajusten perfectamente a la información disponible. Esto es posible debido a que cada modelo se construye individualmente por un evaluador que dispone de total libertad siempre y cuando se use como base la relación existente entre la tierra y el uso o los usos a los que ésta se desee destinar y se tenga en cuenta los objetivos y las necesidades locales.

Precisamente, el programa ha experimentado cierto éxito en el nicho para el que fue diseñado, países en vías de desarrollo donde hay cierta experiencia pero datos poco densos o confiables donde la modelación de sistemas sería muy difícil por la carencia de datos detallados. (León Pérez, 1992; Maji, 1992a; Maji, 1992b; Mantel, 1994; Venema & Daink, 1992). Sin embargo, el ALES ha sido usado como parte de evaluaciones más sofisticadas en países con agricultura totalmente comercial e información confiable y más o menos completa sobre los recursos naturales y socioeconómicos (Delsert, 1993;



Johnson & Cramb, 1991; Johnson et al., 1994; van Lanen et al., 1992a; van Lanen et al., 1992b; van Lanen & Wopereis, 1992).

El sistema consiste en lo siguiente. Se establecen los Tipos de Utilización de la Tierra (TUTs) para los que se desea analizar la aptitud. Cada Tipo de Utilización de la Tierra necesita determinadas propiedades de la tierra que se denominan Requerimientos de Uso de la Tierra (RUTs). Una vez determinados los TUTs y RUTs, se crea una lista de referencia donde se incluyen por un lado los posibles productos que se van a obtener junto con su valor económico, por otro los insumos necesarios para obtener los productos acompañados de su coste y por último una lista de Características de la Tierra (CaTs).

Tanto las Características de la Tierra, como los Requerimientos de Uso de la Tierra, se definen a través de un número de clases y rangos a elegir por el evaluador que pueden ser valores (tanto discretos como continuos) o características cualitativas siempre dependiendo de la información disponible. Para cada Requerimiento de Uso de la Tierra se crea un árbol de decisión auxiliado en las Características de la Tierra.

Por último, para establecer la aptitud de una unidad de tierra determinada para un Tipo de Uso de la Tierra específico, se crea otro árbol de decisión esta vez auxiliado en los Requerimientos. Una vez terminado este paso, queda concluida la creación del modelo.

A la hora de utilizar el modelo ALES es necesario establecer unidades de tierra que tengan Características de la Tierra iguales. El programa automáticamente clasifica su aptitud según las cinco clases que propone el Esquema de Evaluación de Tierras de la FAO (1976). Incluye además una evaluación económica completa a partir de variables sencillas como las ganancias, los costos y la tasa de descuento.

Uno de los puntos más fuertes de ALES es que permite trabajar con conceptos lingüísticos. A la hora de definir tanto las CaTs como los RUTs se puede utilizar vocabulario fácilmente comprensible como “fuerte”, “poca”, “muy alto” etc, siempre y cuando se puedan reconocer fácilmente en el campo tierras que corresponden a estos conceptos.



El inconveniente que presenta, es que, a pesar de tratarse de un programa informático, no permite el empleo de cartografía digital al no tratarse de un Sistema de Información Geográfico. Es capaz de analizar características geográficas, pero para ello hay que definir las unidades cartográficas apropiadamente en función de las Características de la Tierra (CaTs).

En el caso del presente proyecto, los Tipos de Utilización de la Tierra para los que se va a estudiar la aptitud de la tierra son los siguientes: Agrícola para trigo y agrícola para maíz. Esto se debe a que son estos cultivos junto con el frijol, la base de la alimentación de la población local.

Para el uso Agrícola, en cualquiera de sus dos vertientes, se extrae a partir de la información recopilada a través de las encuestas, que casi la totalidad de la producción en la zona de estudio se destina al autoconsumo. Esto hace que no tenga sentido establecer un precio de venta. Además no se emplea ningún tipo de riego ni de fertilizante, a lo sumo el abono animal, por lo que de nuevo, no hay gastos significativos que determinar.

Por otro lado, se analizó la posibilidad de evaluar también la aptitud para el uso Ganadero y la aptitud para el uso de Conservación. Sin embargo, ocurría algo similar: El ganado del que se dispone rara vez se vende y cuando esto ocurre es de forma esporádica. ¿Cómo hacer una evaluación de gastos y beneficios? Por último, únicamente el uso de Conservación permitiría hacer una evaluación económica. Esto supondría entrar en la discusión acerca de cómo valorar económicamente variables como la biodiversidad, la captura de CO₂, el paisaje...Este estudio escapa de los objetivos del proyecto.

Como conclusión, dado que los supuestos para los que está diseñado el modelo ALES encajan perfectamente con la situación en la que se desarrolla este proyecto será el modelo que se empleará. Sin embargo dada la imposibilidad de realizar una evaluación económica por lo justificado anteriormente, se utilizará el modelo únicamente para realizar un estudio de aptitud física.

Para salvar la deficiencia relativa a la falta de cartografía digital, se utilizará como apoyo el ArcGis de forma, que aunque no se obtenga directamente con



el ALES, el resultado final será un mapa de aptitud física en formato digital.

4.3 APLICACIÓN EL MODELO USDA

Dado que tal y como se ha justificado en el apartado anterior, se va a realizar una evaluación exclusivamente física a través del modelo ALES, se considera interesante comparar sus resultados con el modelo USDA, de aplicación mucho más sencilla y también elaborado a partir de criterios exclusivamente físicos.

La USDA ha elaborado una clave a partir de nueve variables para la clasificación de las tierras en las ocho clases agrológicas de las que se habló en el *apartado 4.1 Introducción*. Esta clave, se encuentra en el *Anexo V* del presente proyecto.

Dentro de la clave, para cada clase agrológica, existen unos valores críticos de cada variable, de manera, que si el terreno tiene alguna variable que supere dicho valor crítico, independientemente de la variable de la que se trate, el terreno pasa a pertenecer a una clase agrológica de valor más alto, es decir, con menor aptitud agrícola.

Las nueve variables que utiliza la USDA para determinar la clasificación de las tierras en las ocho clases agrológicas son: Deficiencia de agua (a partir de la precipitación media anual en mm), Exceso de agua de inundación, Erosión, Topografía, Profundidad efectiva del suelo, Profundidad del manto freático, Pedregosidad en la superficie, Salinidad y Sodicidad.

De estas variables, dadas las condiciones de Coixtlahuaca, algunas se pueden descartar directamente, ya que sin necesidad de un análisis más profundo, es evidente que no van a ser limitantes. Este es el caso de “Exceso de agua de inundación” y “Profundidad del manto freático”. Ambas variables no se consideran debido a que en Coixtlahuaca uno de los principales problemas actuales es la falta de agua, estando el manto freático cada vez a mayor profundidad, sumado a que en ningún periodo del año aparecen zonas inundadas.

Algo similar es aplicable a los casos de “Salinidad” y “Sodicidad”, parámetros,



que teniendo en cuenta los resultados de los análisis de todas las muestras tomadas en Coixtlahuaca, se pueden descartar dado que los suelos ni siquiera se aproximan a la categoría de “Ligeramente salinos”.

Al comenzar con la elaboración del modelo, pronto se observó lo siguiente. En los suelos delgados, los *Leptosoles*, cuya profundidad máxima son 25 cm, la clase agrológica máxima a la que se podía aspirar era a la clase V. A partir de esta clase, los valores críticos del resto de las variables quedaban, salvo en los casos de “pendiente” y “erosión”, fuera de los rangos que aparecen en Coixtlahuaca (ver Anexo V). Es decir, por ejemplo en el caso de la precipitación, a partir de la clase V, los valores empiezan a descender desde 300-400 mm anuales, valores tan bajos, que ya nunca se dan en la zona de estudio.

En conclusión, para determinar la clase agrológica de los *Leptosoles*, sólo fue necesario emplear tres variables: “profundidad efectiva del suelo”, “pendiente” y “erosión”. Los rangos de pendiente empleados, al ser los establecidos en la clave, se encuentran representados en la figura 2.13.

En primer lugar, los *Leptosoles nudilíticos*, dado su avanzado estado de erosión, se determinaron directamente dentro de la Clase VIII.

Los *Leptosoles líticos*, dada su fuerte limitación por profundidad, sólo podían aspirar a las clases VII y VIII. La separación entre ambas clases se hizo a partir de la pendiente, de manera que aquellos con la pendiente por encima del 100% corresponden a la clase VIII y los que tienen una pendiente inferior, pertenecen a la clase VII.

Por último, los *Leptosoles réndzicos* y los *Leptosoles háplicos*, que debido a su profundidad efectiva pueden pertenecer hasta a la clase V, se les clasificó dependiendo de su grado de pendiente, tal y como corresponde según la clave.

A continuación, empleando el mismo mecanismo, se procedió a clasificar los *Cambisoles lépticos*, cuya profundidad efectiva característica (35 cm, como aparece en la tabla 3.13), les permite llegar hasta la clase III. Sin embargo, en este caso, aparece una posible nueva limitación, la “Deficiencia de agua” determinada según la precipitación anual en mm. De esta forma, aunque por



“Profundidad”, “Pendiente” o “Erosión” los terrenos que presentan esta unidad de suelo puedan pertenecer a la clase III, hay que comprobar que la precipitación se encuentre entre 500-600 mm, dado que en caso de ser inferior, hay que avanzar de clase a la clase IV, con precipitación de 400-500 mm.

Debido a los requerimientos de humedad de la clase I (precipitación media anual mayor a 800 mm), no se alcanza en ningún caso dentro del distrito de Coixtlahuaca.

Teniendo en cuenta este factor, el resto de suelos, los *Luvisoles*, *Fluvisoles*, y *Regosoles*, ya sin ninguna limitación debido a su profundidad característica ni a su estado de erosión, se clasificaron en función de las variables “Pendiente” y “Deficiencia de agua” empleando de las dos la que fuera más limitante en cada caso.

El resultado final se puede observar en la figura 4.1.

Los colores azulados y amarillos, correspondientes a las clases V, VI, VII y VIII no son aptos para la agricultura. Por el contrario, las otras tres clases, representadas con colores verdes, son aptas para dicho uso disminuyendo su aptitud a medida que avanza el número de clase.

Tal como se puede observar, la clase VIII queda relegada a la parte sur del distrito. Esto se debe a que es ahí donde aparece el estado de erosión más avanzado. Toda la parte oeste del distrito, queda catalogada como Clase agrológica VII. El motivo, es que es aquí donde se concentran la mayor parte de *Leptosoles líticos* con grandes restricciones de profundidad.

La Clase agrológica II prácticamente es inexistente, ya que como tal quedan clasificadas 255.19 ha, es decir un 0,15 % de la superficie total. El resto de zonas calificadas con aptitud agrícola se concentran en el sureste y centro del distrito.

Por último, las Clases agrológicas V y VI, ocupan una amplia extensión concentrándose al norte (Clase VI) y hacia el centro y sureste del distrito.

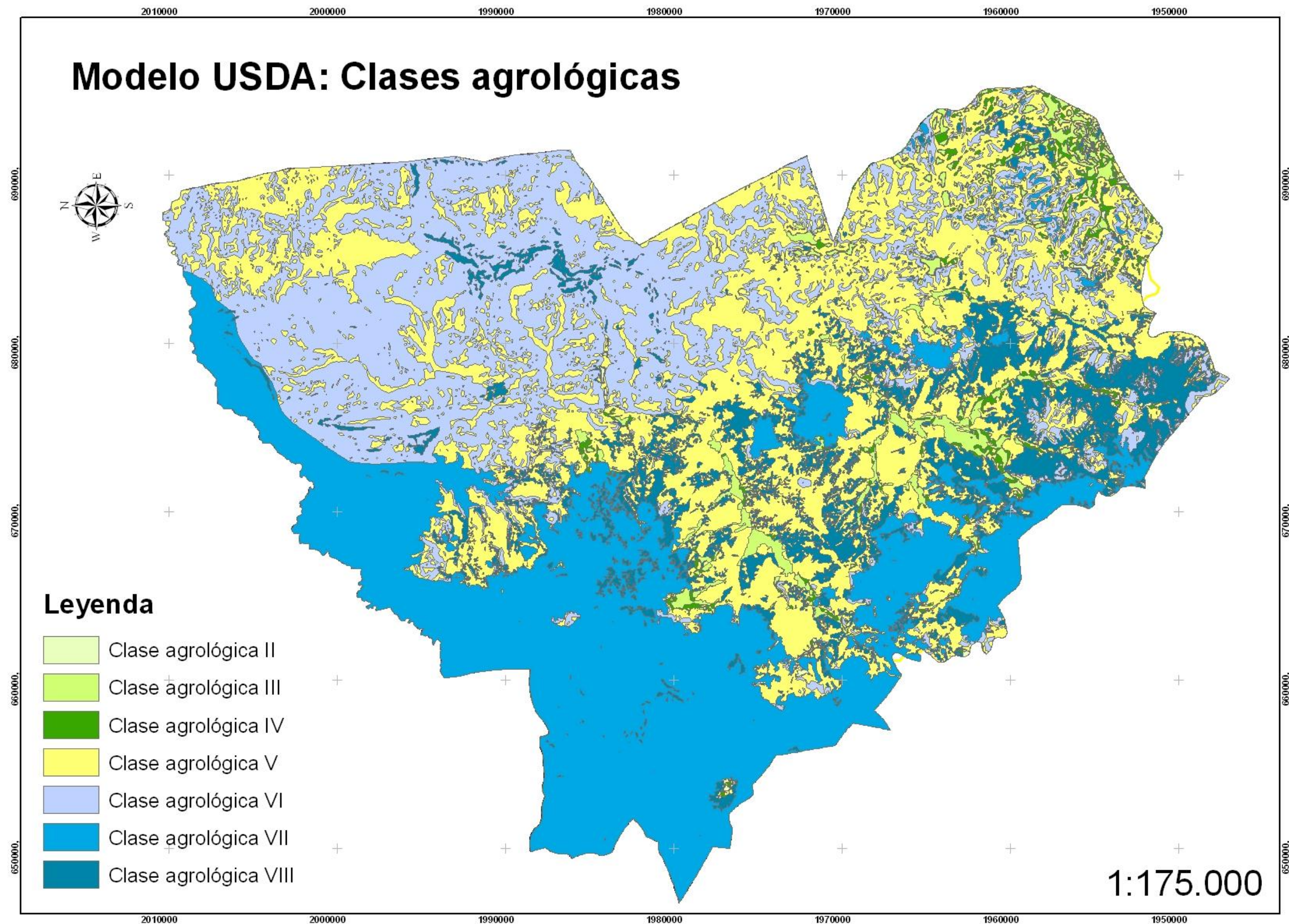


Fig 4. 1: Modelo USDA; mapa de usos potenciales
(M^a Jesús Serra, 2010)

4.4 CREACIÓN DEL MODELO ALES, (PRUEBA1ª)

4.4.1 Determinación de los Tipos de Utilización de la Tierra (TUTs)

El primer paso a la hora de comenzar con el desarrollo del modelo, es determinar los TUTs (Tipos de Utilización de la Tierra) que se desean analizar.

En un principio, dada la distribución actual de los usos en Coixtlahuaca y las necesidades de la población, se pensó que estos serían tres: “Uso Agrícola”, “Uso Ganadero” y “Uso de “Conservación”. Sin embargo, finalmente se decidió establecer usos más específicos ambos de índole agrícola.

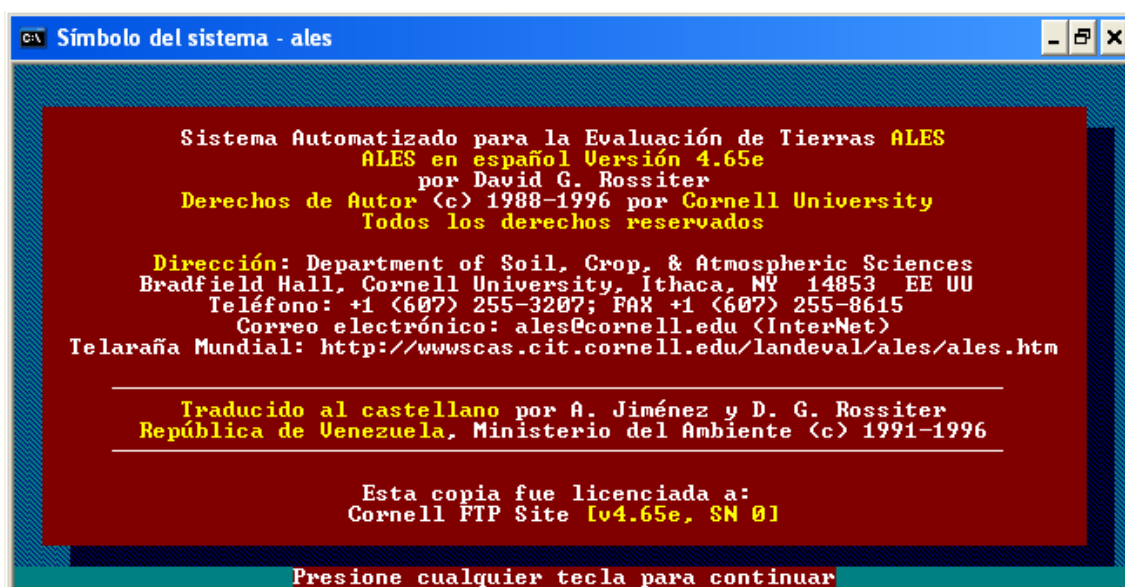


Fig 4. 2: Pantalla de bienvenida al modelo ALES

Como se ha dicho en el apartado anterior, mientras que otros modelos más antiguos están basados en limitaciones físicas, el ALES está basado en aptitudes de la tierra.

En otras palabras, existen modelos como el USDA en los que la clasificación de tierras, en esencia, consiste en determinar que los mejores terrenos, con suelos profundos, sin mucha pendiente, sin problemas de salinidad ni de fertilidad, se destinen a uso agrícola. Una vez que los terrenos quedan descartados para ese uso, pasan a tener vocación pastoral y por última instancia de conservación. La gran diferencia del modelo ALES es que en él se



establece, para cada Tipo de Utilización de la Tierra, cuales son las mejores características posibles y a partir de esos datos, se determina la posibilidad del medio para ser empleado para un fin determinado.

Así, se planteó la siguiente cuestión. ¿Cuáles son las mejores características para el uso Ganadero? ¿y para un uso de Conservación? ¿y para el Agrícola? Sin tener en cuenta criterios sociales, sino simplemente físicos, la respuesta en los tres casos es la misma, dado que se trata en los tres de determinar las mejores características que debe tener el suelo para el desarrollo de una especie vegetal. De nuevo en los tres casos, si se buscan las zonas óptimas se seleccionarían suelos de poca pendiente, con buena estructura, profundos y bien drenados.

Por otro lado, es evidente, que un uso de Conservación, va tener muchas más zonas calificadas como “Aptas” que el resto, especialmente si lo comparamos con el uso Agrícola, ya que aunque sus condiciones óptimas sean iguales que las óptimas de los demás usos, sus restricciones van a ser mucho menos exigentes.

En conclusión mientras que el uso agrícola, va a poder desarrollarse únicamente en las mejores zonas, el uso de Conservación, no va a tener ninguna limitación. Su mapa de aptitud, simplemente determinaría que es un uso “Apto” en toda la superficie y “Muy Apto” en los mejores terrenos. Estos casos, calificados como “Muy Aptos” van a coincidir sin lugar a dudas con los terrenos “Aptos” para el uso agrícola dado que serán los que mejor permitan el desarrollo de la vegetación.

Teniendo en cuenta que por los motivos explicados en el *apartado 4.2 Descripción del modelo ALES*, en esta evaluación no se tienen en cuenta variables de índole económica. ¿Qué sentido tiene entonces elaborar un modelo, que no va a aportar criterios que faciliten la toma de decisiones a la hora de realizar la planificación?

Se decidió entonces cambiar los TUTs a unos mucho más específicos para poder establecer diferencias significativas. Así se creará el modelo desde el punto de vista agrícola, para conocer no sólo qué zonas deben ser empleadas



para este fin y cuáles no, sino cual es el cultivo óptimo en cada una de ellas.

Dado que la alimentación de la población local está basada en el maíz, el trigo y el frijol, tal y como se extrajo de las entrevistas (*apartado 3.4 Informe de valoración social*), se decidió estudiar la aptitud de las tierras para estos tres cultivos.

Una vez comenzado a estudiar los requerimientos de cada una de ellas se observó, que el frijol (*Phaseolus vulgaris*), de la familia de las leguminosas además de no ser una planta muy exigente en términos edafoclimáticos, se trata de una planta de la familia de las leguminosas y, como tal, es capaz de fijar nitrógeno atmosférico a través de su relación simbiótica con microorganismos del género “*Rhizobium*”. Teniendo en cuenta que en Coixtlahuaca no se emplea ningún tipo de fertilizante y, la capacidad citada de esta planta de obtener un desarrollo correcto en una amplia gama de condiciones, se decidió recomendar su uso siempre, alternado con el correspondiente óptimo de maíz o trigo en cada caso.

Por tanto, dado que el cultivo de frijol se va a recomendar en cualquier caso, como TUTs a evaluar, se determinaron el uso Agrícola para maíz y el uso Agrícola para trigo.

4.4.2 Creación de la Lista de Referencia

En la *Lista de Referencia* es donde se le proporciona al programa información vital a la hora de desarrollar el resto del modelo. De esta forma, se incluyen por un lado los posibles productos que se van a obtener junto con su valor económico, por otro los insumos necesarios para obtener los productos acompañados de su coste, además de una lista de Características de la Tierra (CaTs) y una lista de los Requisitos de Utilización de la Tierra (RUTs). (ver figura 4.3)

En este caso, de todas estas variables, solo hay que detallar las Características de las Tierra (CaTs) y los Requerimientos de Utilización de la Tierra (RUTs) dado que los demás datos se emplean para la evaluación económica que no se va a desarrollar en este caso.

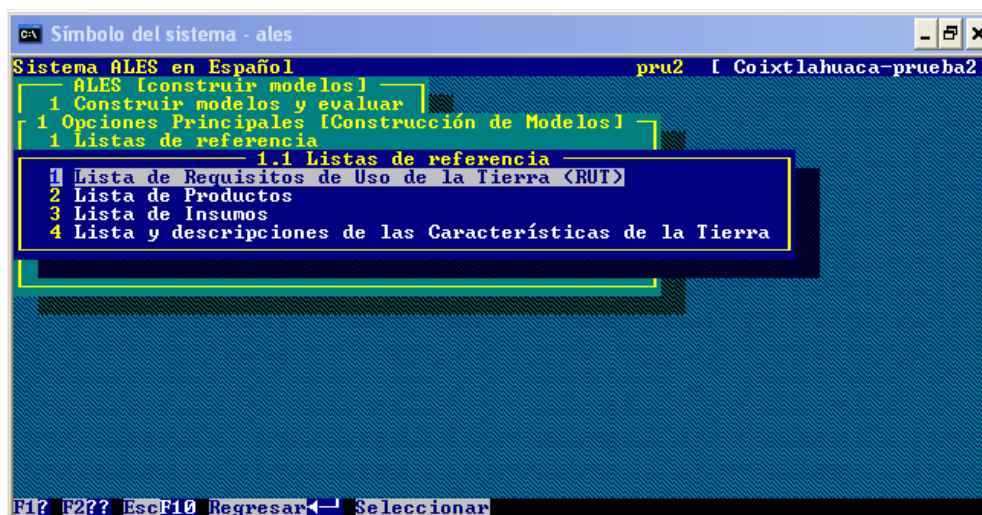


Fig 4. 3: Menú del programa ALES con las distintas opciones de "Listas de Referencia"

4.4.2.1 Características de la Tierra (CaTs)

En primer lugar es preciso recordar, que las CaTs, son cualidades de la tierra de carácter sencillo, que pueden ser cuantitativas o cualitativas, de las que se disponga de información y a partir de las cuales se construirán los árboles de decisión para los distintos Requerimientos de Uso de la Tierra o RUTs.

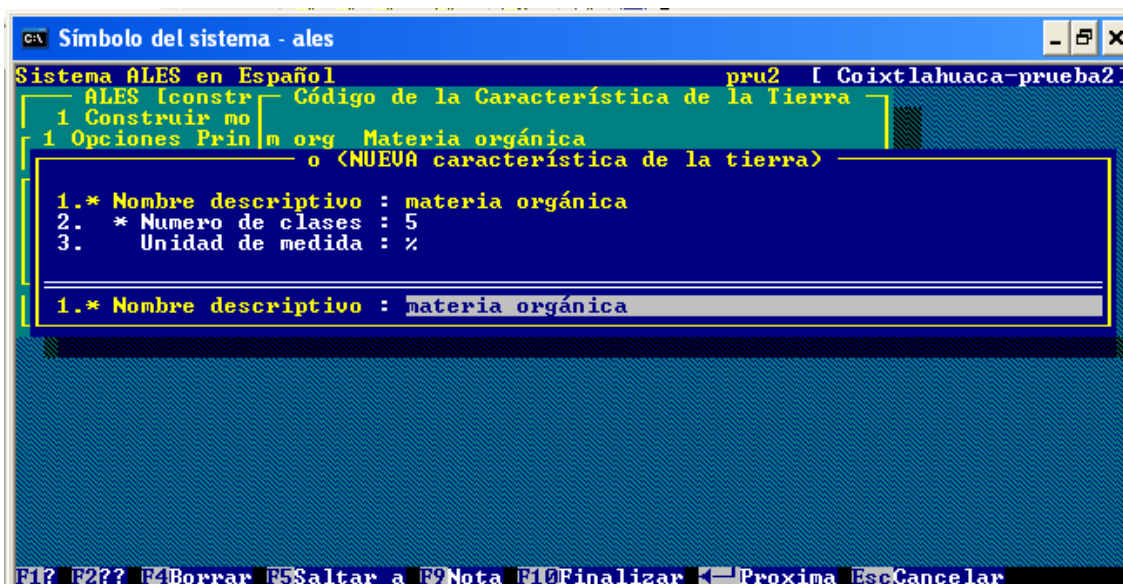


Fig 4. 4: Definición de una nueva CaT: materia orgánica

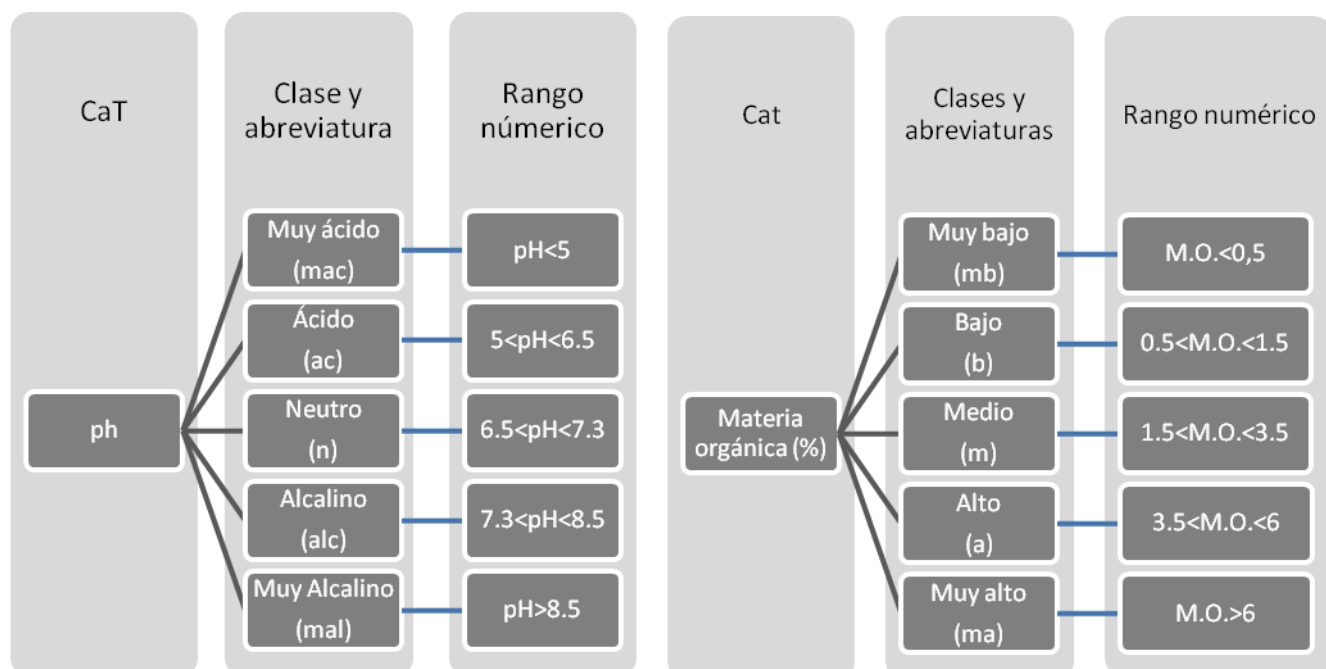
Para cada CaT se deben definir distintos rangos que serán numéricos en el caso de una CaT cuantitativa o a través de nombres si se trata de una CaT cualitativa.



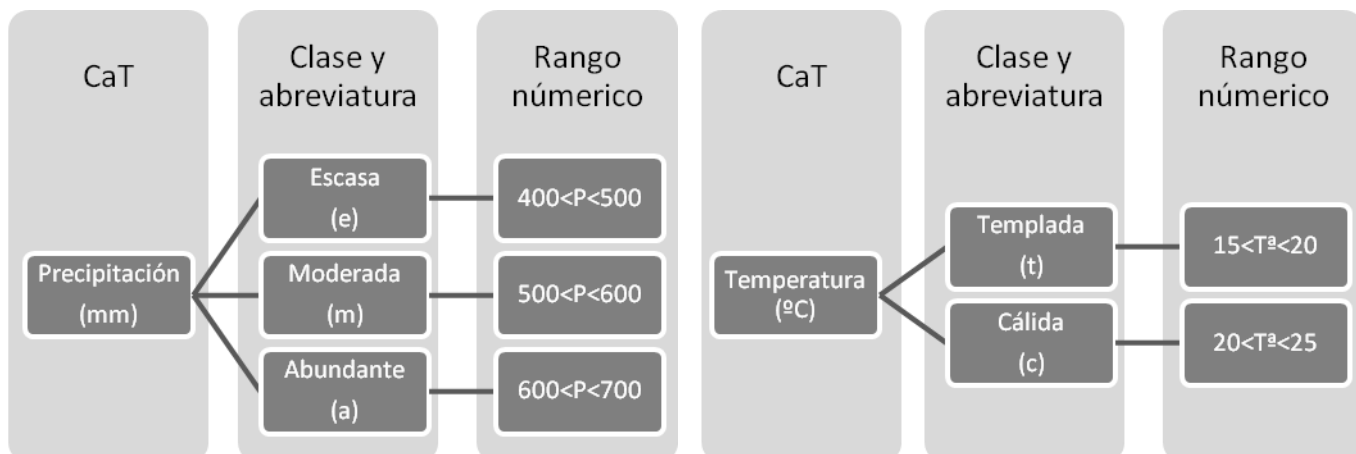
En el momento en que se define una CaT, el programa solicita una serie de datos. En primer lugar, un código de pocos caracteres que se refiera a la CaT, su nombre descriptivo, el número de clases (rangos) que se deseen distinguir y la unidad de medida de la CaT. Si esta última cuestión se deja en blanco, el programa directamente entiende que se trata de una CaT de tipo cualitativo (ver figura 4.4).

A continuación, el programa te solicita un nombre y una abreviación para cada una de las clases y, en el caso de las numéricas, además te solicita los límites de cada clase, así como un límite inferior y otro superior. De esta forma, para el caso del modelo que ocupa a este proyecto, las CaTs definidas y sus clases, así como los límites para cada una de ellas en el caso de ser numéricas, se exponen a continuación:

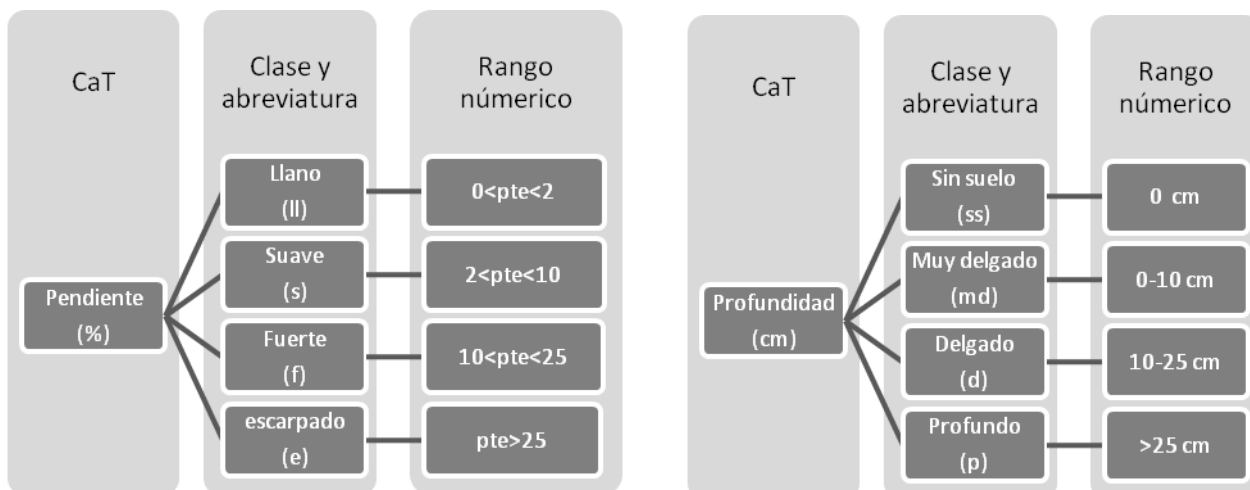
En el caso del **pH** y de la **materia orgánica**, para separar las diferentes clases y establecer los rangos numéricos, se ha usado la Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000, la misma que se empleó durante la realización de los análisis.



Para la **precipitación** y las **temperaturas**, las clases y sus rangos numéricos, se establecieron en función de los datos de precipitaciones y de temperaturas obtenidos tal y como se recoge en el *apartado 2.2.1 Clima*.

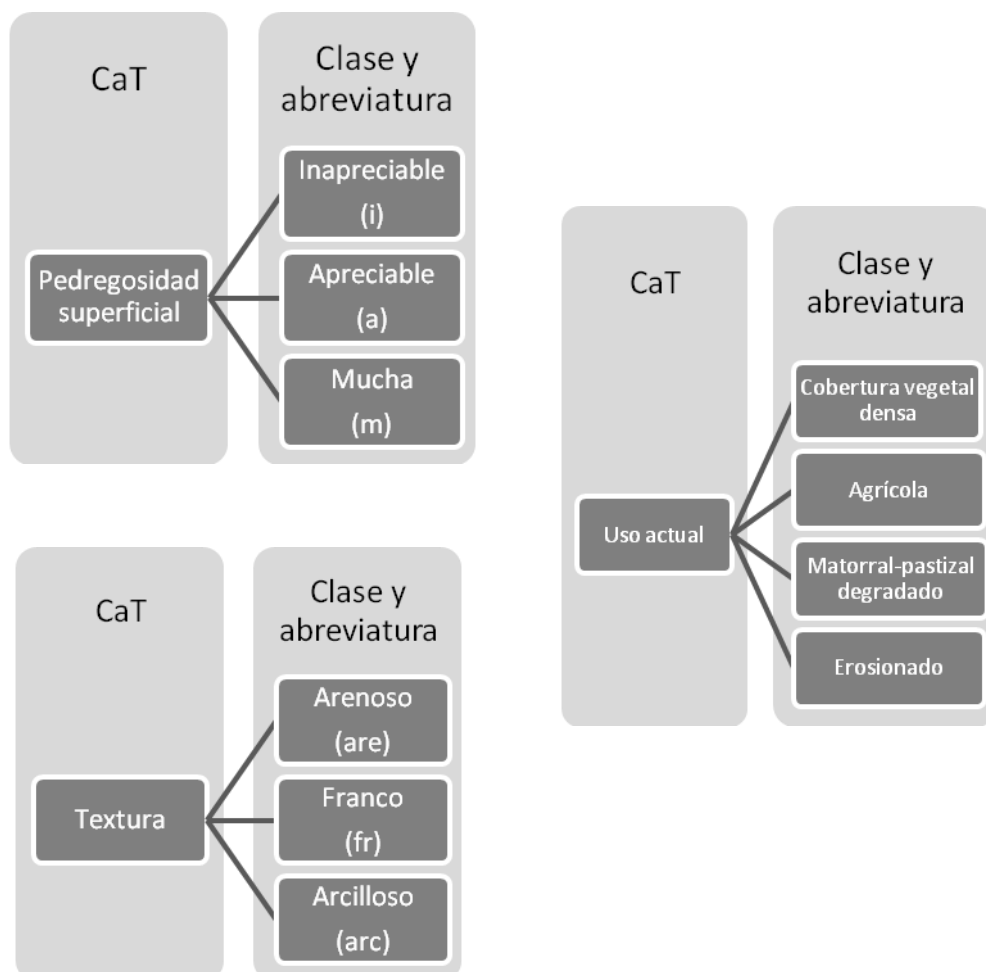


Las últimas CaTs cuantitativas que se consideran en el modelo son la **pendiente** y la **profundidad**. Los intervalos de pendiente, se observan representados en la figura 2.12.



Con respecto a las CaTs cualitativas que se han incluido en el modelo, son las siguientes: **Textura**, **Pedregosidad superficial** y **Uso actual**.

Tal y como se puede observar en sus correspondientes diagramas, ha desaparecido la columna de Rango numérico y no son características sin unidades.



4.4.2.2 Requerimientos de Utilización de la Tierra (RUTs)

Una vez seleccionadas y definidas las diferentes CaTs, se pasa a una segunda fase en la que se definen los Requerimientos de Utilización de la Tierra (RUTs). Esta opción, se encuentra también en el menú de Listas de referencia tal y como se puede observar en la figura 4.3.

Los RUTs, elaborados a raíz de las CaTs, son exigencias que presenta un Tipo de Utilización de la Tierra para poder desarrollarse correctamente. Aunque el ALES permite determinar diferentes RUTs para cada Tipo de Utilización de la Tierra (TUT), dado que en este modelo se analizan dos TUTs muy parecidos, (uso Agrícola para maíz y uso Agrícola para trigo), se van a emplear los mismos RUTs en ambos casos aunque se aplicarán árboles de decisión y niveles de exigencia distintos para cada uno. Esto se cumple para todos los RUTs menos para el caso del clima, como ya se explicará más adelante en el

apartado 4.4.3 Creación de los Tipos de Utilización de la Tierra.

Para cada RUT es necesario definir un árbol de decisión para lo que se dispone de un menú como el que aparece en la figura 4.5. Al definir los árboles de decisión de los distintos RUT, se le proporciona información al programa sobre los criterios que debe seguir para, a partir de los diferentes rangos de las CaTs, establecer los distintos niveles de los RUTs, que más tarde, posibiliten decidir las clases de aptitud física.



Fig 4. 5: Menú del ALES para crear el árbol de decisión de un RUT

Así, los RUTs que se decidió emplear fueron los siguientes:

1.- **Disponibilidad de humedad:** El agua es un elemento básico a la hora de garantizar el desarrollo correcto de cualquier especie vegetal. Por este motivo fue el primer RUT que se introdujo en el modelo con tres posibles niveles: baja, media y alta. El árbol de decisión para determinar los distintos niveles a través de las CaTs “Precipitación” y “Textura”, se expone en la figura 4.6.

Entre las dos CaTs empleadas, la que se considera más determinante para el caso de la disponibilidad de humedad es la precipitación. Si ésta es escasa, independientemente de la textura, no habrá agua y por tanto la disponibilidad de humedad será evidentemente baja. Algo similar pero por motivos contrarios, ocurre en el caso de que la precipitación sea abundante, caso en el cual, habrá mucha agua disponible para las plantas, sea cual sea la textura.

Por último, es en el caso de precipitación moderada, donde se plantea la duda y por lo que se incluye la segunda CaT en el árbol de decisión. Si la textura es arenosa, el agua escurrirá fácilmente hacia horizontes inferiores y se perderá por lo que la disponibilidad de humedad será baja. En el caso de una textura arcillosa, el agua quedará retenida, con la consiguiente disponibilidad de humedad alta. Por último, en el caso de un suelo franco, se considera la disponibilidad de humedad media.

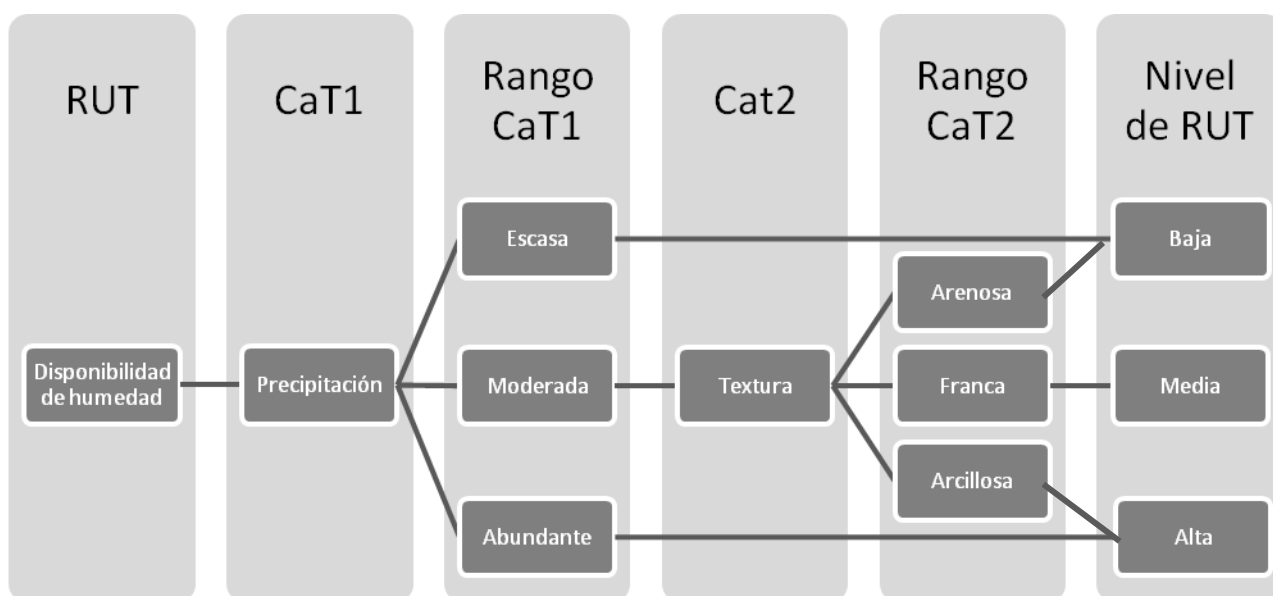


Fig 4. 6: Árbol de decisión del RUT "Disponibilidad de humedad"

2.-Condiciones de enraizamiento: Las diferentes características del recurso suelo en su conjunto, provocan una mayor o menor facilidad para las plantas de desarrollar sus raíces. Esto es lo que pretende analizar este RUT a través de tres niveles denominados respectivamente "Condiciones malas", "Condiciones medias" y "Condiciones buenas".

Las CaTs empleadas para alcanzar los diferentes niveles establecidos para este RUT son "Profundidad" y "Pedregosidad superficial", pudiéndose observar su árbol de decisión en la figura 4.7.

Dada la delgadez de los suelos presentes en el distrito de Coixtlahuaca, la profundidad es sin lugar a dudas el factor más limitante para determinar el nivel del RUT en este caso. Por este motivo es la primera CaT que se introduce en su árbol de decisión.



Evidentemente, en los casos en que no hay suelo, ya que se ha perdido por la intensa erosión, o que éste tiene entre 0 y 10 cm de profundidad, las condiciones de enraizamiento serán malas independientemente del resto de CaTs.

En suelos delgados (entre 10-25 cm) y profundos (más de 25 cm) se considera también importante la pedregosidad dado que cuanto mayor sea, especialmente en los horizontes superiores, mayor será la dificultad de la raíz para desarrollarse y colonizar nuevas áreas.

Por otro lado, la pedregosidad influye más cuanto más delgado sea el suelo ya que la raíz se encuentra con dos dificultades en lugar de una sola. Ese es el motivo por el cual, por ejemplo, en caso de pedregosidad apreciable, si se trata de un suelo delgado, las condiciones de enraizamiento son medias, mientras que con suelos profundos, se consideran buenas.

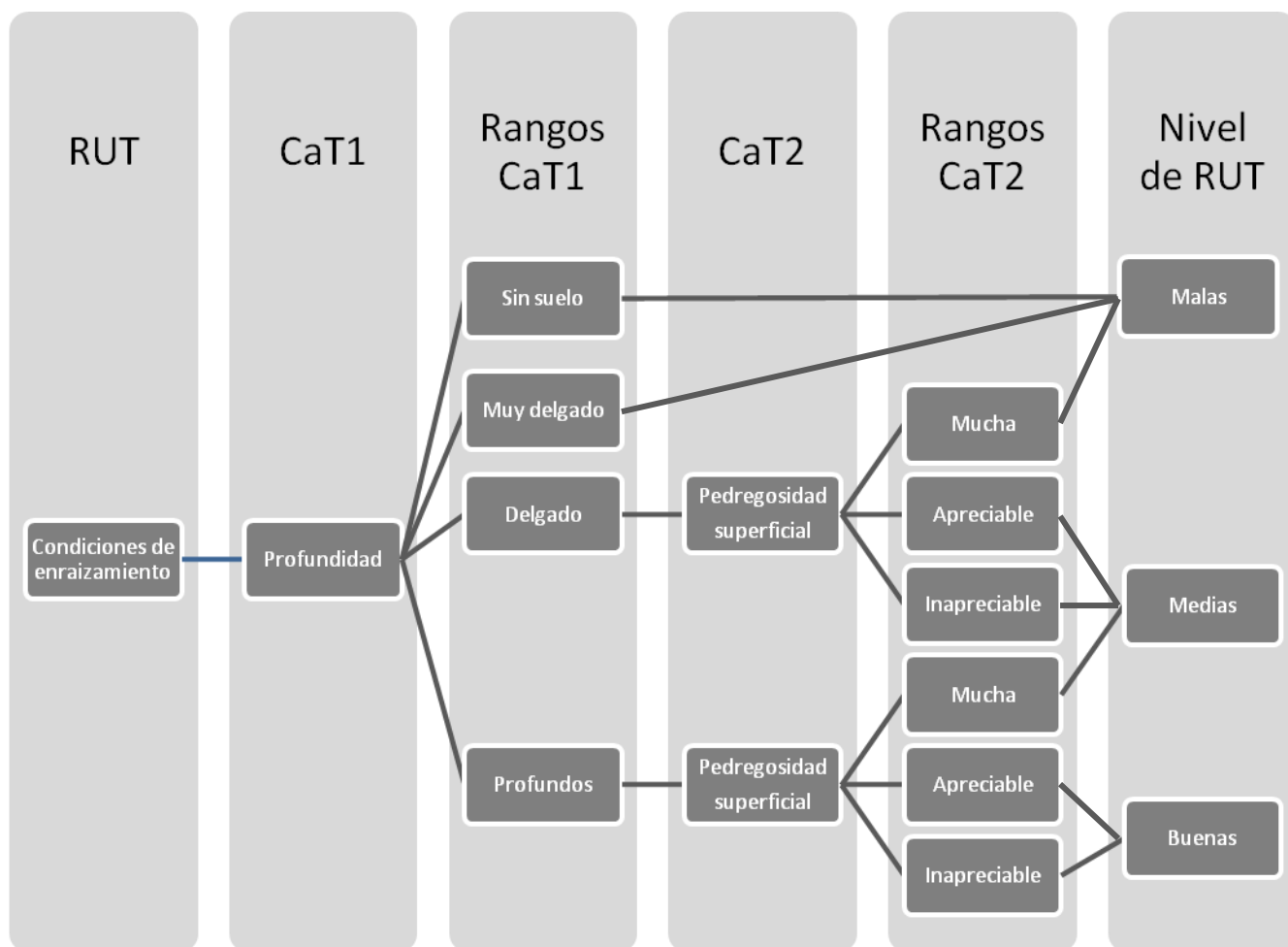


Fig 4. 7: Árbol de decisión para el RUT "Condiciones de enraizamiento"



3.-Riesgo de erosión: Teniendo en cuenta el grave problema de erosión en Coixtlahuaca, es vital tener en cuenta el posible riesgo de aumentarlo a la hora de establecer la capacidad de un suelo para sostener un cultivo. Se pretende evitar que cualquier plantación agrícola se lleve a cabo en terrenos susceptibles de ser erosionados. Se distinguieron cuatro niveles diferentes, “Riesgo muy alto”, “Riesgo alto”, “Riesgo medio” y “Riesgo bajo”.

El árbol de decisión en este caso, se estableció a través de tres CaTs: “Uso actual”, “Precipitación y “Pendiente” tal y como se puede observar en la figura 4.8.

A la hora de elaborar el árbol de decisión de este RUT, la característica que se ha considerado más determinante, se trata del uso actual. El motivo es que una de las principales causas de la erosión en Coixtlahuaca, es la desaparición de la cobertura vegetal por distintas razones, dejando el suelo desnudo, directamente expuesto a los agentes erosivos. Por este motivo, esta es la primera entrada al árbol de decisión de este RUT.

A continuación, el modelo se ha elaborado a partir de la precipitación y de la pendiente, considerando a la lluvia el agente erosivo principal y que su efecto empeora cuanto mayor sea la pendiente.

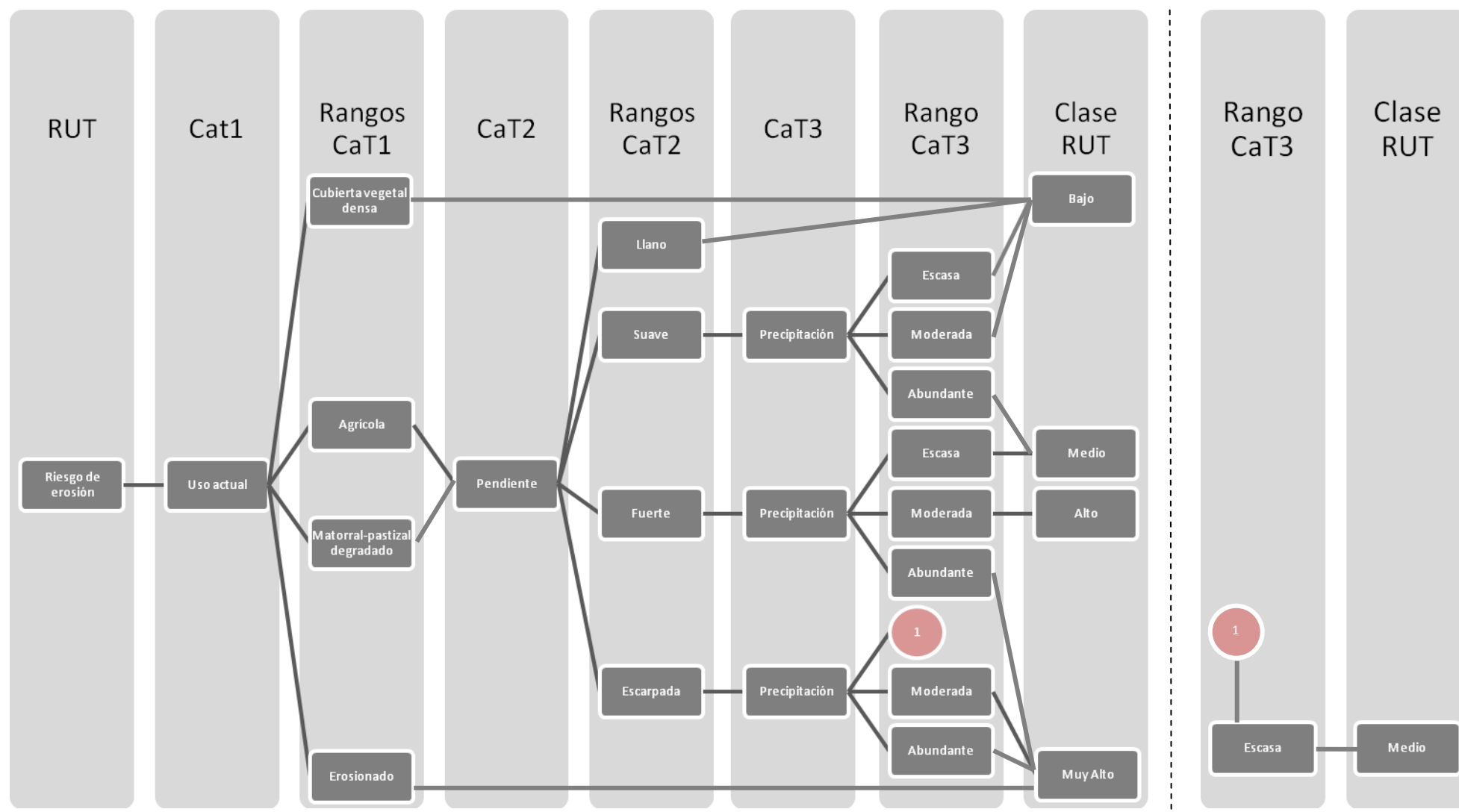


Fig 4. 8: Árbol de decisión para el RUT “Riesgo de erosión”

4.- **Clima:** Con este RUT, se pretende introducir en el modelo una visión que englobe el régimen de precipitaciones y de temperaturas de manera que no se analicen de manera independiente, sino como microclimas asociados a las distintas zonas del distrito de Coixtlahuaca. Se distinguieron cinco diferentes: “Árido”, “Semiárido cálido”, “Semiárido templado”, “Húmedo templado” y por último “Húmedo cálido”.

Evidentemente, para determinar los distintos niveles del RUT clima, se emplearon las dos CaTs relacionadas con el mismo: Precipitación y Temperatura. En el árbol de decisión se colocó en primer lugar la precipitación, dado que en uno de los casos, la obtención del nivel del RUT era directa, sin ser preciso detallar la temperatura.

El árbol de decisión definitivo se corresponde con la figura 4.9.

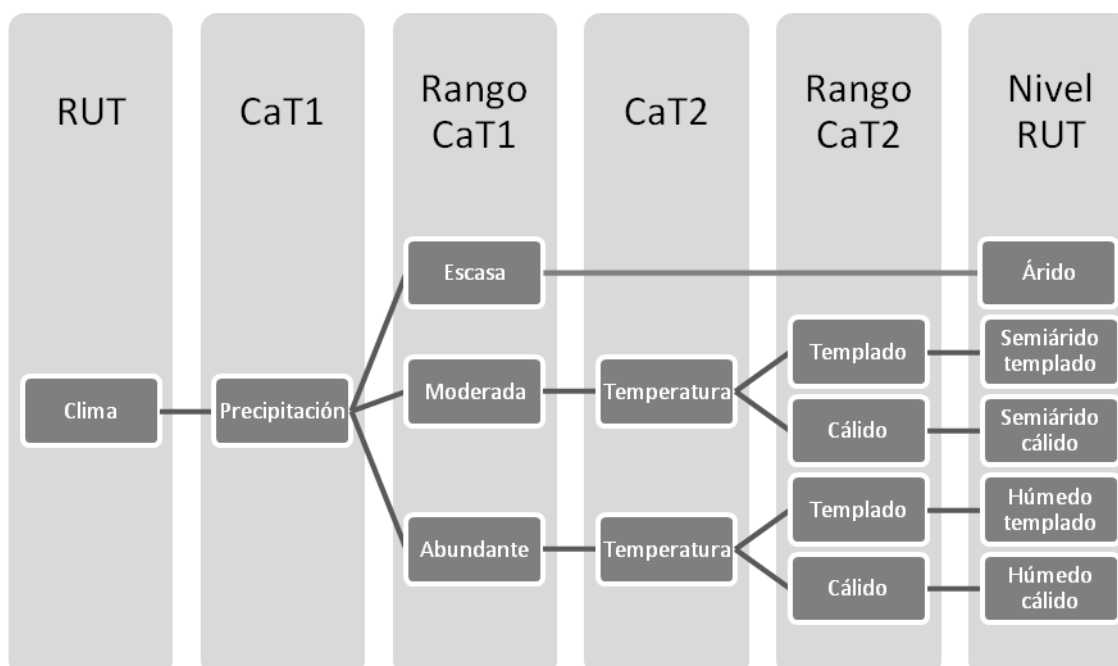


Fig 4. 9: Árbol de decisión del RUT "Clima"

5.- **Fertilidad:** A pesar de que una fertilidad baja, no impide el desarrollo de los cultivos, siempre que no se trate de valores extremos, sí influye en la productividad de los mismos, siendo por tanto imprescindible su implicación en un modelo de aptitud. Para este RUT, se han establecido tres niveles: “Fertilidad alta”, “Fertilidad media” y “Fertilidad baja”.



La fertilidad de un suelo, se puede determinar a partir de un gran número de variables algunas de ellas muy complicadas de hallar. Teniendo en cuenta la información procedente de los análisis (tabla 3.13), se decidió emplear como parámetros indicativos las CaTs “Materia orgánica” y “pH”.

La materia orgánica aporta una idea de la cantidad de nutrientes existentes en el medio, mientras que el pH informa de si estos nutrientes se encuentran en formas disponibles para las plantas o no. Independientemente de la cantidad de materia orgánica existente, si el pH es demasiado alto o demasiado bajo, los nutrientes no van a poder ser asimilados por las plantas. Por este motivo en el árbol de decisión del RUT “Fertilidad” el primer CaT que se encuentra es el pH.

El árbol de decisión de este RUT se puede comprobar en la figura 4.10

6.-Posibilidad de mecanización: Evidentemente, tratándose de evaluar la aptitud para dos usos agrícolas, es interesante saber si es posible o no utilizar maquinaria para desarrollar dicha actividad.

En este RUT se separaron tres niveles: el primero cuando no se puede mecanizar, que se denominó “Imposible”, otro cuando no existe ninguna restricción para la mecanización denominado “Posible sin limitación” y por último un nivel intermedio denominado “Posible con limitación”

El árbol de decisión se ha elaborado a partir de las limitaciones de la maquinaria, es decir, a través de la pendiente, dado que los tractores agrícolas disponibles no se deben emplear en pendientes fuertes para hacerlo en condiciones de seguridad y a través de la pedregosidad, dado que no se puede emplear maquinaria en los casos en que ésta sea excesiva.

Por último y para solucionar casos dudosos, se ha empleado la CaT “Textura”. Un suelo con textura arcillosa, si se introduce maquinaria en los momentos en que está húmedo, puede sufrir una compactación irreversible, muy perjudicial para los cultivos. Este riesgo, sin embargo, no existe en el caso de una textura arenosa.

El árbol de decisión creado a partir de estos criterios, se expone en la figura 4.11.

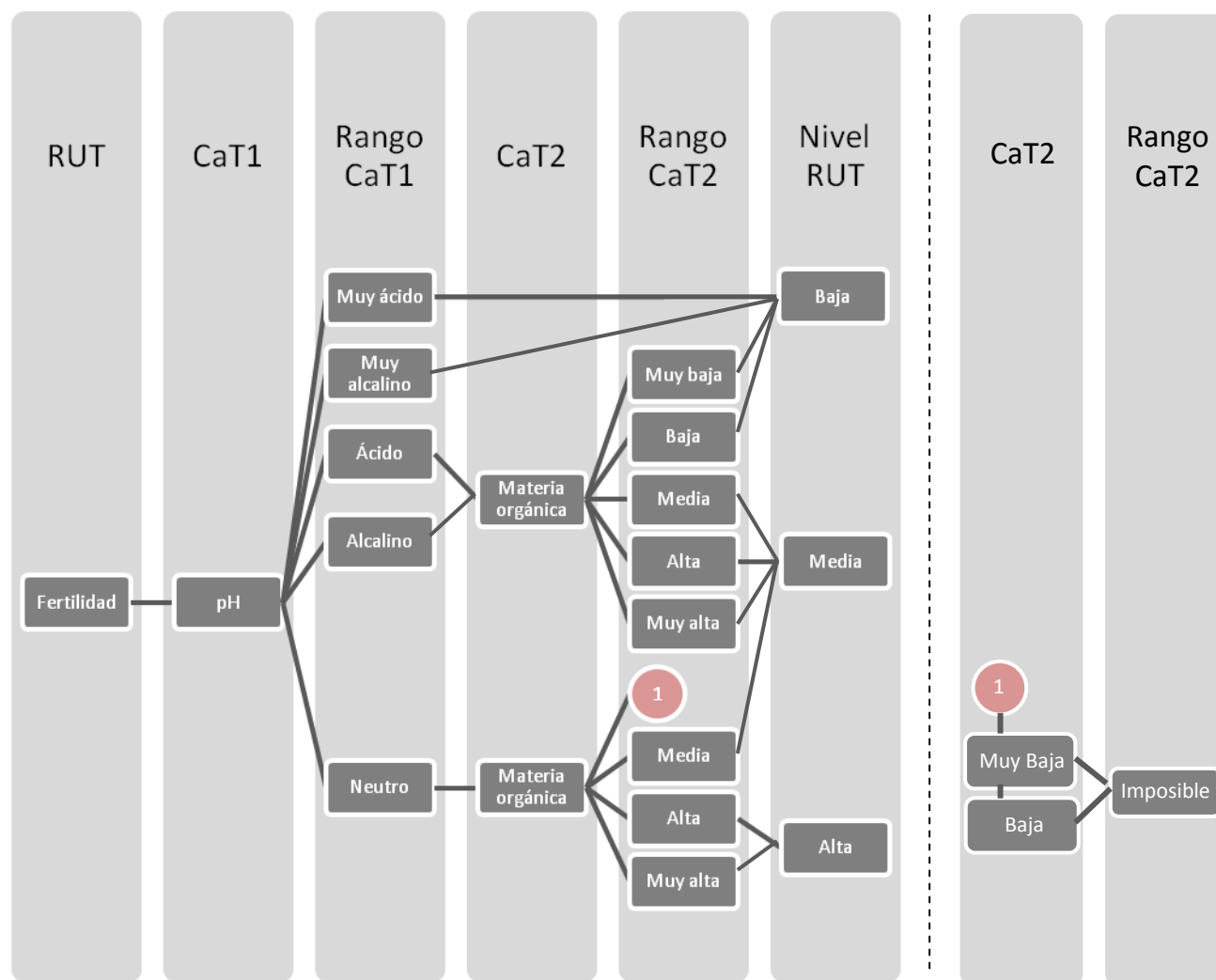


Fig 4. 10: Árbol de decisión del RUT "Fertilidad"

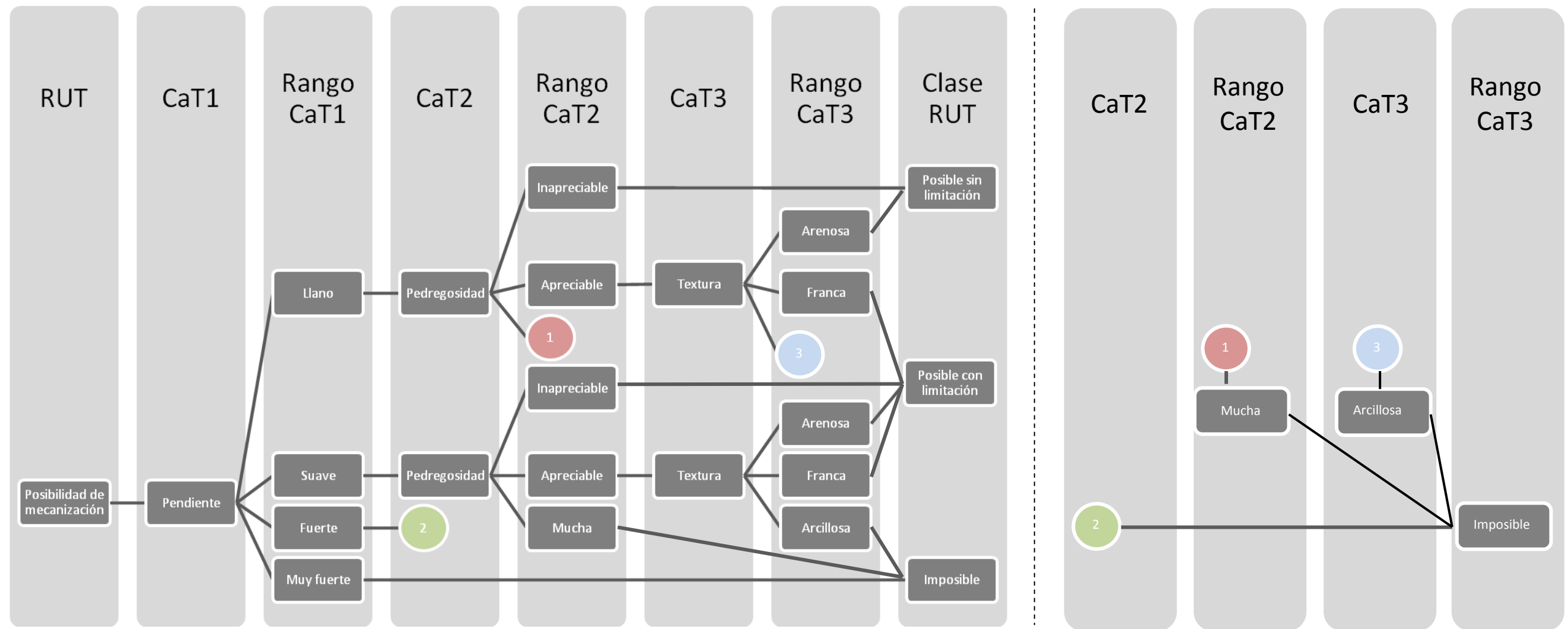


Fig 4. 11: Árbol de decisión del RUT "Posibilidad de mecanización"



Como se puede observar en todos los niveles de las diferentes RUTs especificadas, se emplean nombres como “Alta”, “Baja” o “Media”, de comprensión sencilla. Esta es una de las ventajas del ALES comentadas en el apartado 4.2 Descripción del modelo ALES.

Una vez definidos los RUTs y las CaTs, se ha terminado de crear la Lista de Referencia.



Fig 4. 12: Lista de RUTs con su correspondiente código y nombre tras ser creados

4.4.3 Creación de los Tipos de Utilización de la Tierra (TUTs)

Los TUTs son los verdaderos protagonistas del modelo, dado que son los usos para los que se pretende analizar la aptitud del terreno. En este caso, son dos: “Agrícola para trigo” y “Agrícola para maíz” ya que son los cultivos, junto con el frijol, en los que está basada la alimentación de la población local.

Al definir ambos TUT en el programa, aparece para cada uno un menú donde existe la posibilidad de incluir una serie de datos económicos, (insumos, productos, duración del TUT...), los RUTs que se desean emplear para la determinación de la aptitud de este TUT y las clases de aptitud física en las que se desea dividir (ver figuras 4.13 y 4.14).

Como se explicó en el apartado “Requerimientos de la Utilización de la Tierra” (RUTs), para ambos TUTs se van a emplear los mismos RUTs (a excepción del clima) aunque con árboles de decisión y niveles de exigencia diferentes.



Paralelamente, a cada TUT se le va a dotar de cuatro clases de aptitud física diferentes: "Muy Apto", "Apto", "Poco Apto" y "No Apto".

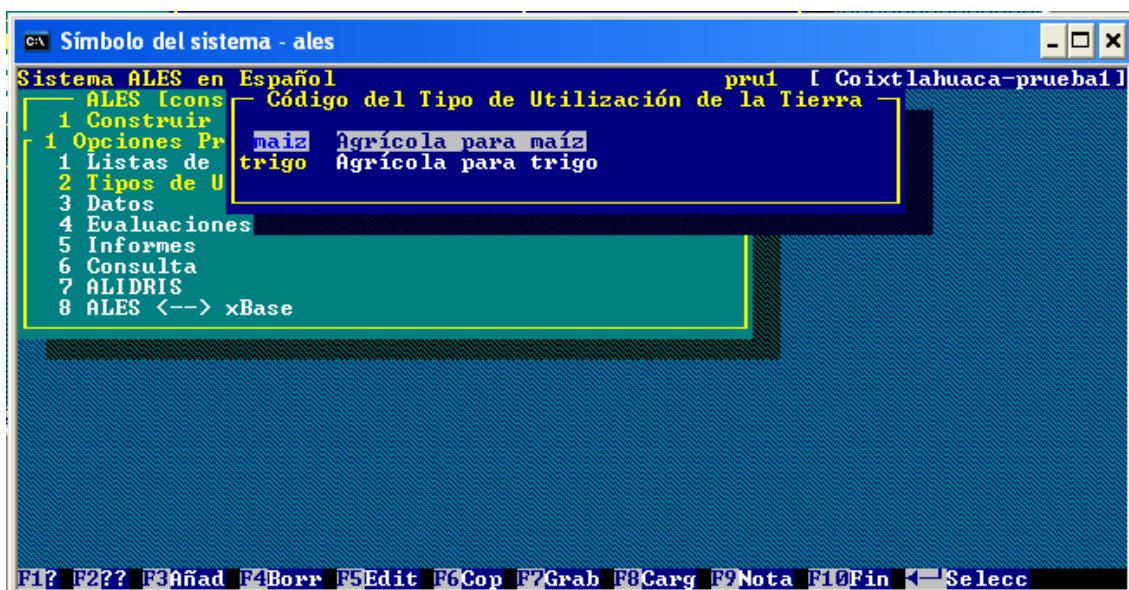


Fig 4. 13: Definición de los TUTs a evaluar



Fig 4. 14: Menú para ingresar el árbol de decisión del TUT "Agricultura para maiz"

Al igual que se ha hecho con cada RUT, es necesario establecer los criterios que debe seguir el modelo para, a través de los diferentes niveles de los RUTs, determinar una clase de aptitud física para cada TUT. Esto significa que hay que construir un nuevo árbol de decisión para cada Tipo de Utilización de la Tierra.



Al igual que los árboles de decisión de los diferentes RUTs están basados en los rangos de las CaTs seleccionadas para definirlos, los árboles de decisión de los TUTs, estarán basados en los niveles de los RUTs seleccionados.

El procedimiento para determinar la estructura del árbol, es de nuevo similar a los casos anteriores, es decir, los primeros RUTs que se deben introducir en el mismo, son aquellos que van a resultar más limitantes y que por tanto permiten llegar de forma más directa a la aptitud con la que se va a clasificar un terreno.

Dado que el objetivo general de este proyecto es la lucha contra la erosión y la desertificación, va a ser el RUT “Riesgo de erosión” el que se va a emplear como factor más limitante. De esta manera, en ningún caso se va a considerar apto para un cultivo un terreno cuyo riesgo de erosión esté considerado en un nivel “Muy Alto” o “Alto”.

De forma análoga, el RUT “Posibilidad de mecanización” se ha considerado el menos restrictivo, no siendo en ningún caso limitante para determinar si un terreno se considera apto o no apto empleándose sólo para distinguir entre las clases de aptitud “Muy Apto” y “Apto”.

4.4.3.1 TUT “Agrícola para maíz”

Antes de comenzar a desarrollar el árbol de decisión para este TUT, se llevó a cabo un pequeño estudio sobre las necesidades del maíz, averiguando cuales son las condiciones óptimas para su cultivo y cuales las características más limitantes.

El maíz requiere de suelos con buenas condiciones de enraizamiento, dado que presenta un gran sistema radical que avanza mucho en profundidad. Por otro lado, es vital una alta disponibilidad de humedad siendo necesario que su precipitación media anual se encuentre dentro del rango 600-800 mm. Desde el punto de vista de la temperatura, para un desarrollo correcto del cultivo se requieren entre 20-25°C aunque resiste extremos de entre 8-30°C pudiendo aparecer en estos casos graves problemas en la formación del grano. El maíz no es un cultivo muy exigente en fertilidad, afectando ésta más a la producción que al desarrollo individual de cada planta.

Teniendo esto en cuenta, tras el “Riesgo de erosión”, se ha considerado el



“Clima” el RUT más restrictivo, descartando directamente la posibilidad de cultivar maíz en los casos en que el clima es árido.

Si el clima es semiárido templado, no se cumplen ni los requisitos de precipitación ni los relativos a temperaturas, por lo que independientemente del resto de RUTs se considera “Poco Apto”. En la variante cálida de este tipo de clima semiárido, se considera que se ha solventado la dificultad de la temperatura y, por tanto, se siguen analizando los demás RUTs.

En este último caso, dado que las precipitaciones están por debajo de lo que deberían estar, la siguiente RUT es sin duda “Disponibilidad de humedad”, que en caso de ser baja, cataloga el terreno como “No Apto”. En los otros dos casos, (disponibilidad de humedad media y alta) el modelo continua a través de la siguiente RUT en grado de importancia, las “Condiciones de enraizamiento”, que de nuevo, en caso de ser malas, debido a los requerimientos del maíz, imposibilitan su desarrollo y por tanto estas zonas se clasifican como “No Aptas”. Por último, se introduce en el modelo la fertilidad. En este tipo de clima, no se permite alcanzar el grado de “Muy Apto” dada la dificultad que suponen las relativamente bajas precipitaciones que caracterizan al clima semiárido.

Para los dos siguientes climas, los húmedos, el RUT “Disponibilidad de humedad” deja de ser una prioridad, dado que se supone menos importante al ya existir un valor suficiente de precipitación. La RUT que se considera en primer lugar es “Condiciones de enraizamiento” que, para ambos variantes de este clima (cálido y templado), en caso de ser malas, determinan inmediatamente la clasificación del terreno como “No apto”.

A partir de aquí, el orden de las RUTs es el mismo en ambas variantes del clima húmedo introduciendo a continuación “Disponibilidad de humedad” y “Fertilidad” en este orden. Dado que la temperatura es más apropiada en el caso del clima “Húmedo cálido”, será más fácil obtener calificativos altos por esta rama.

Por último, en todos los casos se introduce el RUT “Posibilidad de mecanización” para la obtención de la clase de aptitud “Muy apto”.

La figura 4.15 muestra el árbol de decisión completo y esquematizado.



4.4.3.2 TUT “Agrícola para trigo”

De nuevo, antes de comenzar a desarrollar el árbol de decisión de este TUT se hace necesario analizar los requerimientos mínimos para establecer este tipo de cultivo, así como los intervalos en donde su desarrollo es óptimo.

En general, el trigo es mucho menos exigente que el maíz en lo que a “Condiciones de enraizamiento” se refiere. Esto se debe a que sus raíces no profundizan mucho en el terreno, estableciéndose la mayor parte de ellas en los primeros 25 cm del suelo independientemente de la profundidad del mismo. En relación a las precipitaciones se trata también de una especie con una amplitud mayor pudiéndose desarrollar con un mínimo de 300 mm de precipitación y hasta 800. Respecto a la temperatura, su óptimo se encuentra entre 10 y 24°C, aunque en este caso, es más importante el número de días que transcurren hasta alcanzar una cantidad de grados centígrados determinada recibida por la planta que se denomina “integral térmica del trigo” y que se encuentra entre 1850-2375°C. Sin embargo, es importante que el terreno donde se encuentre esté bien drenado ya que si no existe un alto riesgo de que se pudran las raíces.

En Coixtlahuaca, todos los climas igualmente válidos para el trigo con la consiguiente eliminación de este RUT del árbol de decisión.

En este caso, tras el RUT “Riesgo de erosión”, el siguiente a tener en cuenta es la “Disponibilidad de humedad”. Aquellos terrenos, donde la disponibilidad de humedad sea alta, se consideran en riesgo de producir la pudrición de las raíces y, por tanto, están clasificados directamente como “Poco aptos”, mientras que el resto de terrenos, los que tengan disponibilidad de humedad baja o media, recibirán el mismo tratamiento.

A continuación se introducen los RUTs “Fertilidad” y “Condiciones de enraizamiento”. Ambos RUT presentan una importancia similar y la clasificación hacia valores más altos de aptitud se hace a través de una combinación de los dos.

Por último, en aquellos casos en que tanto “Fertilidad” como “Condiciones de enraizamiento” presenten la clase óptima o uno de ellos se encuentre en el



valor óptimo y el otro en un valor medio, se termina el árbol de decisión con el último RUT “Posibilidad de mecanización”.

El árbol completo se corresponde con la figura 4.16.

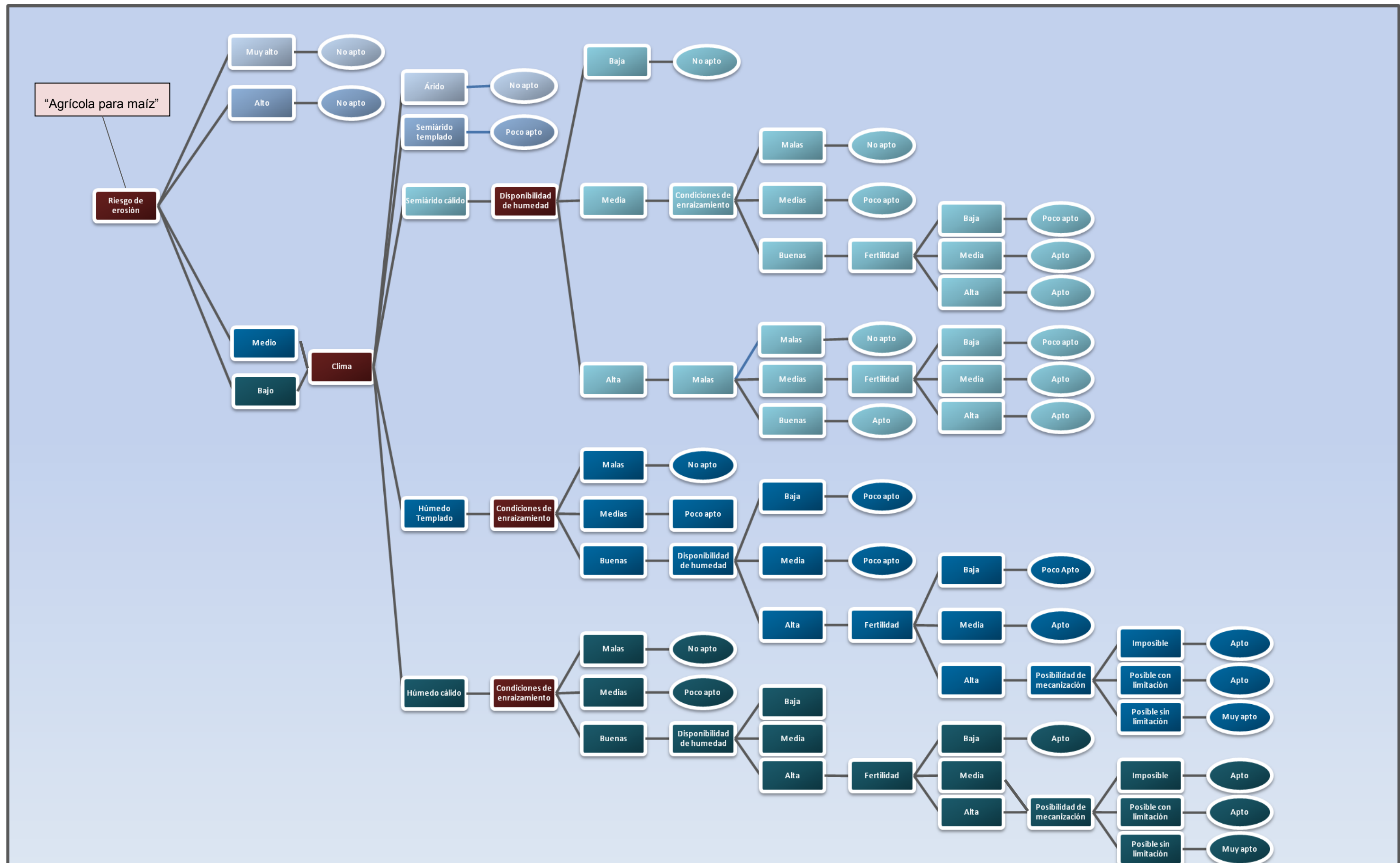


Fig 4. 15: Árbol de decisión para el TUT "Agrícola para maíz"

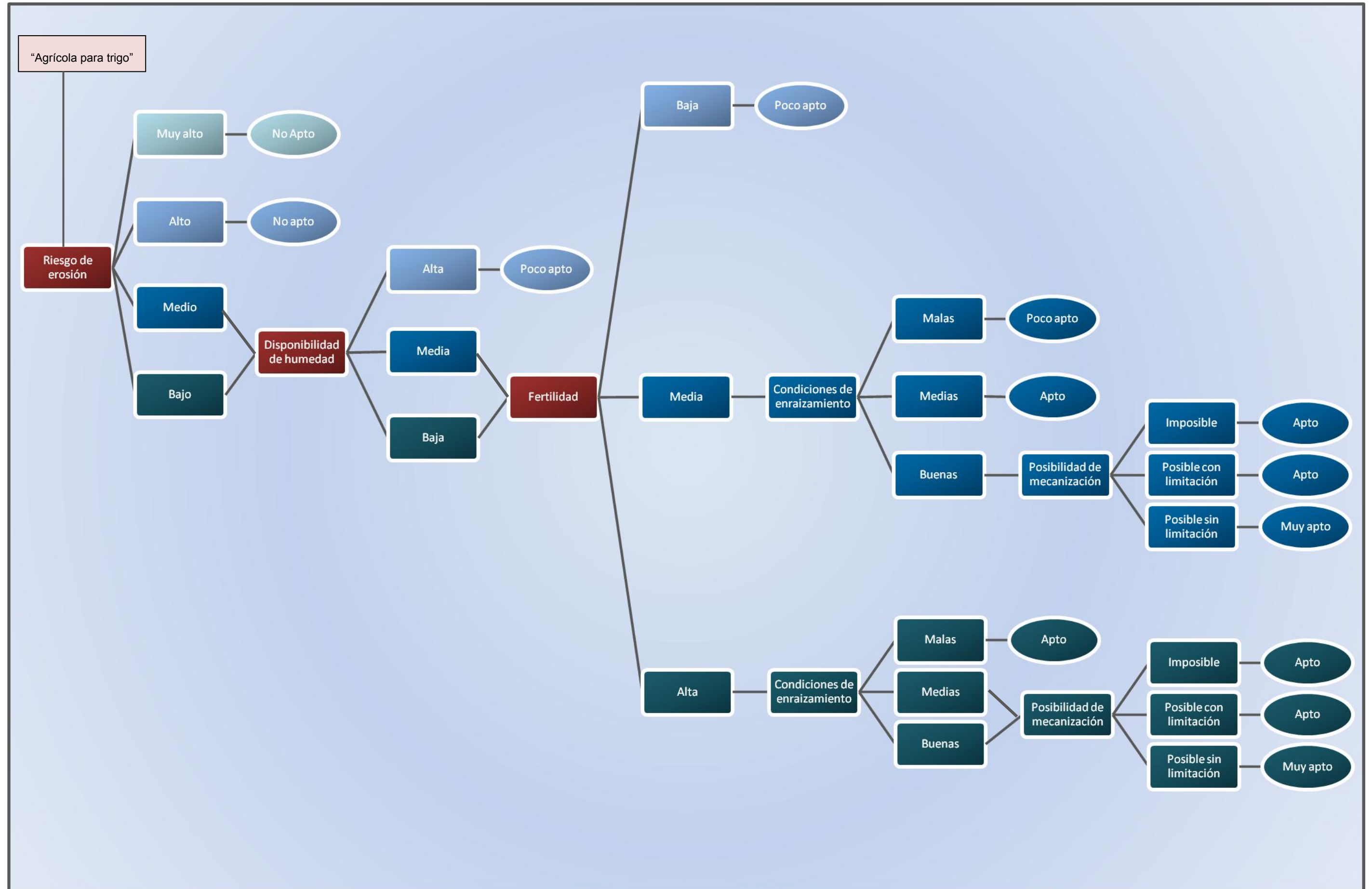


Fig 4. 16: Árbol de decisión para el RUT "Agricultura para trigo"
M^a Jesús Serra Varela



4.4.4 Creación de la base de datos: Unidades cartográficas

Para establecer los diferentes niveles de aptitud de cada terreno, es necesario crear una serie de unidades de tierra, de forma que cada una de ellas presente el mismo valor de todas las Características de la Tierra (CaTs) a partir de las cuales se ha creado el modelo.

El ALES, una vez introducido el nombre de cada unidad de tierra homogénea y los correspondientes valores de sus diferentes CaTs, al realizar la evaluación, ofrece un valor de aptitud determinado y la explicación de porqué se ha obtenido este valor. Sin embargo, tal y como se detalló en el *apartado 4.2 Descripción del modelo ALES* el programa ALES no está diseñado para trabajar con cartografía digital luego no se dispone información de la localización del área que presenta esa aptitud, ni se puede ilustrar a través de una imagen.

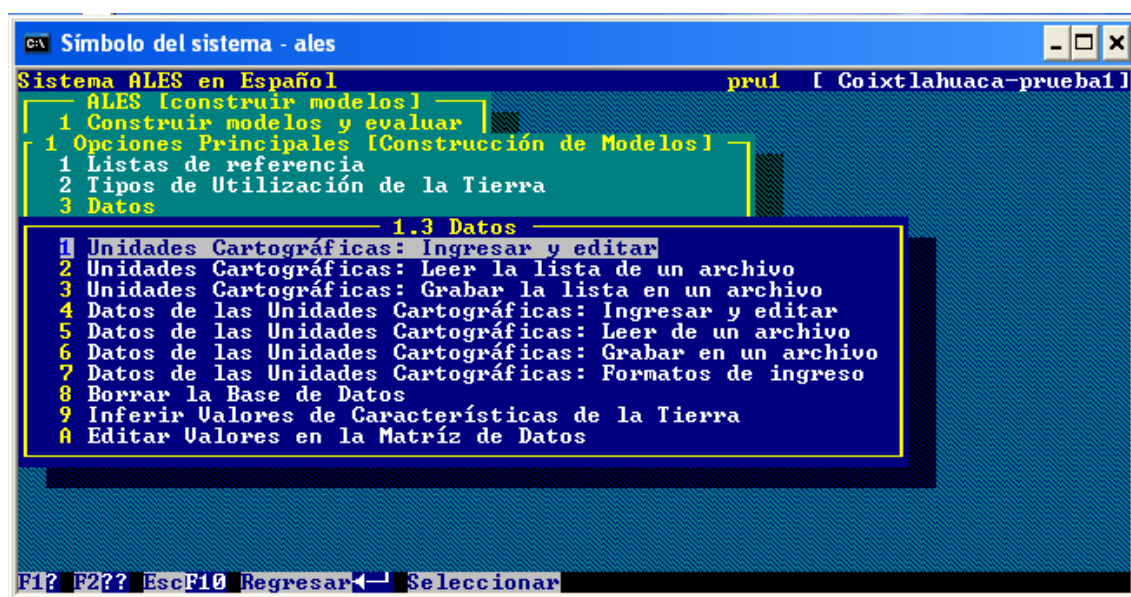


Fig 4. 17: Introducción de las unidades cartográficas

Para solventar este problema, se ha trabajado paralelamente con el programa ArcGis 9.2 de la manera que se explica a continuación:

Para definir el modelo, se han empleado nueve CaTs diferentes. De ellas, cinco (pH, materia orgánica, pedregosidad superficial, profundidad y textura) son características que dependen del tipo de suelo y que por tanto ya están divididas en unidades homogéneas a partir del mapa de suelos realizado



durante este proyecto (figura 3.10) y caracterizadas a partir de los análisis realizados (tabla 3.13).

Para unir la información del resto de las CaTs con la de los tipos de suelo, se cruzó el mapa de suelos con el mapa de usos, (también realizado específicamente para este fin, ver figura 3.12), el mapa de precipitaciones (figura 2.7), el de temperaturas (figura 2.8) y el de pendientes (figura 2.12).

Previamente a la utilización del mapa de suelos, se hicieron en él algunas modificaciones con el objetivo de aumentar la precisión del modelo. Aquellos polígonos donde se hubieran tomado muestras y que tuvieran un tamaño significativo, se caracterizaron con sus valores reales y no con las caracterizaciones obtenidas a partir de medias aritméticas.

La caracterización a partir de valores reales, se llevó a cabo en todos los casos a excepción de los *Leptosoles réndzicos*, en los cuales, a pesar de la gran cantidad de muestras disponibles, solo en un caso se utilizaron los valores de una muestra determinada. Los motivos son dos: en primer lugar, el muestreo realizado para este tipo de suelos proporciona resultados muy homogéneos, por lo que son fiables y representativos permitiendo usarlos de forma precisa. Por otro lado, es imposible determinar los límites de influencia de una muestra, dado que se trata de áreas muy extensas que presentan la misma unidad de suelo.

Por tanto, se distinguieron, además de los *Leptosoles réndzicos*, los *Leptosoles líticos*, los *Leptosoles háplicos*, los *Fluvisoles*, los *Luvisoles*, los *Regosoles* y, los *Cambisoles*, tres zonas que se correspondieron en un caso con un *Leptosol réndzico* y en los otros dos con *Regosoles*, haciendo un total de diez unidades de suelo. Al considerarse imposible desarrollar un cultivo sobre *Leptosol nudilítico*, esta unidad de suelo se desestimó catalogándola directamente como “No apta”. (ver figura 3.10)

En el caso del mapa de usos, se empleó el realizado inicialmente para este proyecto estructurado en seis usos diferentes. “Forestal”, “Agrícola”, “Matorral-pastizal degradado”, “Erosionado”, “Cuerpo de agua” y “Urbano”. Dado que los usos “urbano” y “cuerpo de agua”, no incluidos en el modelo, ocupaban



superficies muy pequeñas, no se les tuvo en cuenta durante la realización de las unidades de tierra homogéneas y no fueron evaluados por el modelo, siendo catalogados directamente como “No Aptos” para ambos TUTs analizados. Se procedió de forma similar con el uso “Erosionado”. Teniendo en cuenta que directamente el modelo lo cataloga como “No apto”, para reducir el número de combinaciones y por tanto de unidades cartográficas a analizar, directamente se clasificó como “No apto”. (ver figura 3.12)

En los mapas de precipitaciones y temperaturas no se realizó ningún cambio, existiendo tres posibilidades en el primer caso (400-500 mm, 500-600 mm y 600-700 mm) y dos en el segundo (15-20 °C y 20-25 °C) (ver figuras 2.7 y 2.8).

El mapa de pendientes fue dividido según los intervalos introducidos en el modelo, quedando por tanto cuatro rangos de pendiente expresados en porcentaje: 0-2 %, 2-10 %, 10-25 % y mayor del 25 %. (ver figura 2.12)

Al cruzar los cinco mapas el resultado fue un nuevo mapa dividido en una gran cantidad de polígonos diferentes pero de manera, que todo el área incluida en cada uno de los polígonos presenta las nueve CaTs homogéneas.

Para cada tipo de suelos, existen 72 posibilidades, formadas por distintas combinaciones de los tres rangos de precipitación y de usos actuales, los dos tipos de temperatura y los cuatro posibles rangos de pendientes. Al tener 10 posibles suelos, hace un total de 720 posibilidades. Entre todas las posibles combinaciones, el primer paso fue determinar cuáles existen realmente en el distrito de Coixtlahuaca, reduciéndose el número a 183 unidades de tierra homogénea. A cada una de estas unidades, se le dotó de un nombre asociado a las nueve CaTs que las caracterizaban, quedando sólo introducir esta información al modelo. Las 183 unidades cartográficas existentes se encuentran detalladas en el *Anexo VI apartado a*.

Por último, se registra en el ALES la información referente a las unidades cartográficas creadas a través del ArcGis 9.2. Para ello, es necesario junto con el nombre de la unidad, introducir un código de pocos caracteres, y los valores de las nueve CaTs que caracterizan esa unidad (ver figura 4.17 y 4.18). Para facilitar al máximo la entrada de información al modelo, el programa posibilita



una opción en la que el evaluador debe diseñar por sí mismo el cuestionario que se le realizará a cualquier persona que desee introducir una determinada unidad de tierra.

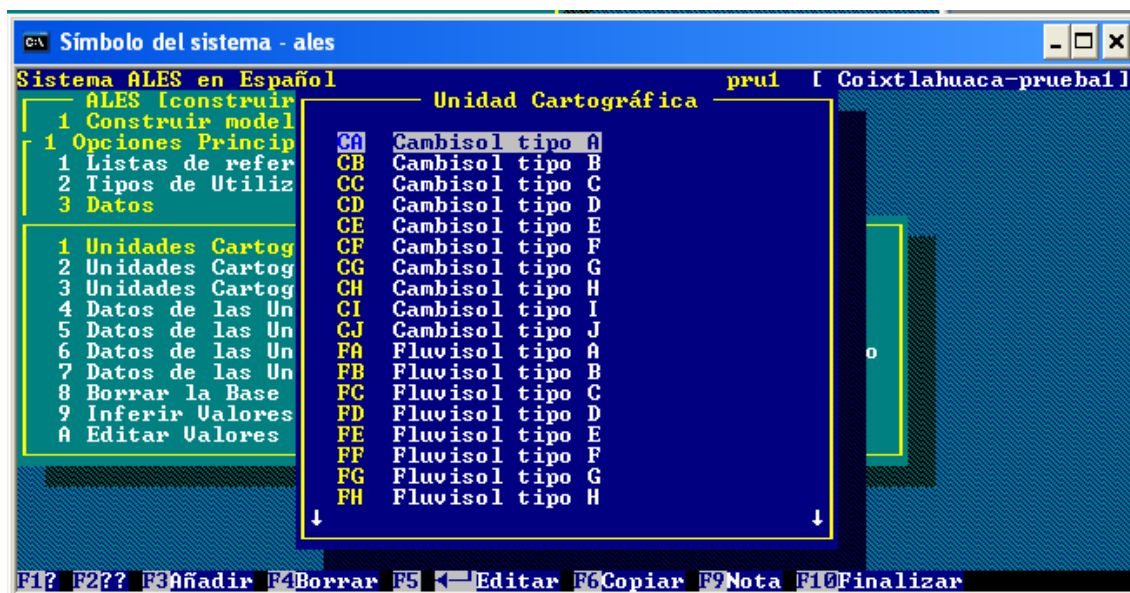


Fig 4. 18: Listado de unidades cartográficas una vez creadas

Una vez incluidas todas las unidades en el modelo, éste queda totalmente concluido y ya dispone de toda la información necesaria para evaluar las 183 unidades cartográficas definidas, dotando a cada una de ellas de una clase de aptitud física para el TUT “Agrícola para maíz” y de otra para el TUT “Agrícola para trigo”.

Una de las grandes ventajas de este modelo, es el hecho, de que en caso de actualizar los datos de campo o de mejorar su calidad, es muy sencillo elaborar una nueva evaluación. Dejando el resto del modelo intacto, bastaría con realizar los cambios necesarios en las unidades cartográficas, bien redefiniéndolas o bien cambiando los valores de las CaTs.

4.5 APLICACIÓN DEL MODELO ALES, 1ª PRUEBA

Una vez construido el modelo y definido las unidades cartográficas homogéneas que se van a analizar, se puede proceder a realizar la evaluación propiamente dicha. (ver figura 4.19).

De nuevo en este caso, hay que recordar que el ALES no maneja información



cartográfica y, por tanto, los resultados de esta evaluación aparecen en una tabla, tal y como se ve en la 4.20.

Esta presentación dificulta enormemente la comprensión de los resultados por lo que fue necesario adaptarla a cartografía digital, de nuevo con el apoyo del ArcGis 9.2. Como resultado final, se obtuvieron dos mapas, uno para cada TUT que se corresponden con las figuras 4.21 y 4.22.

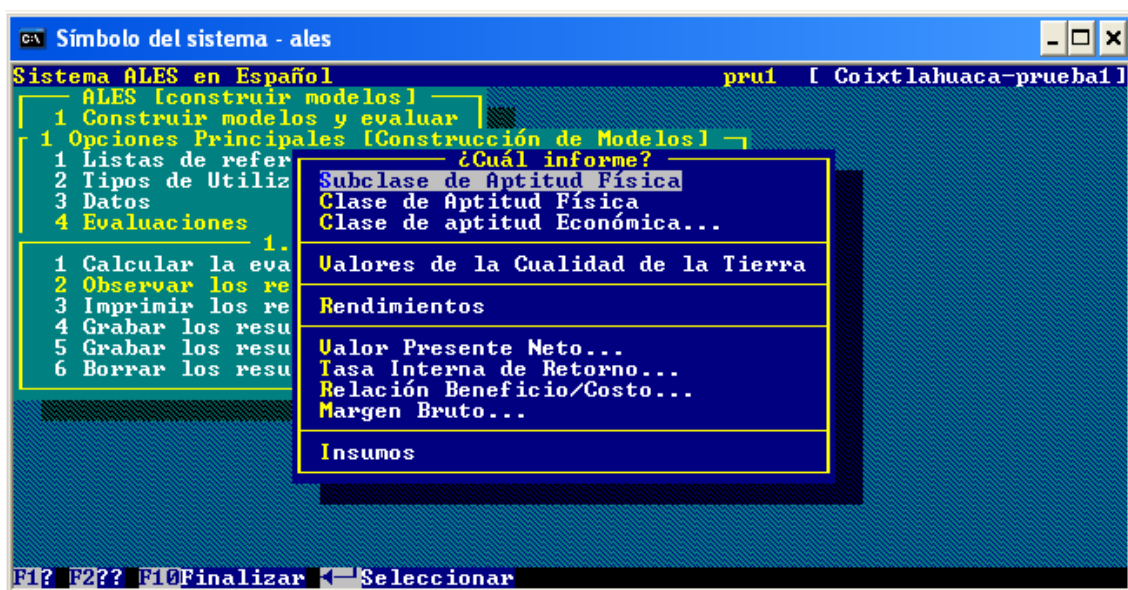


Fig 4. 19: Realización de una evaluación en el modelo ALES

	maiz	trigo
FO	2	2
FP	2	2
FQ	1	1
FR	1	1
FS	1	1
LA	2	2
LAA	2	2
LAB	1	1
LAC	1	1
LAD	2	2

Fig 4. 20: Resultado de la evaluación para cada unidad cartográfica y TUT

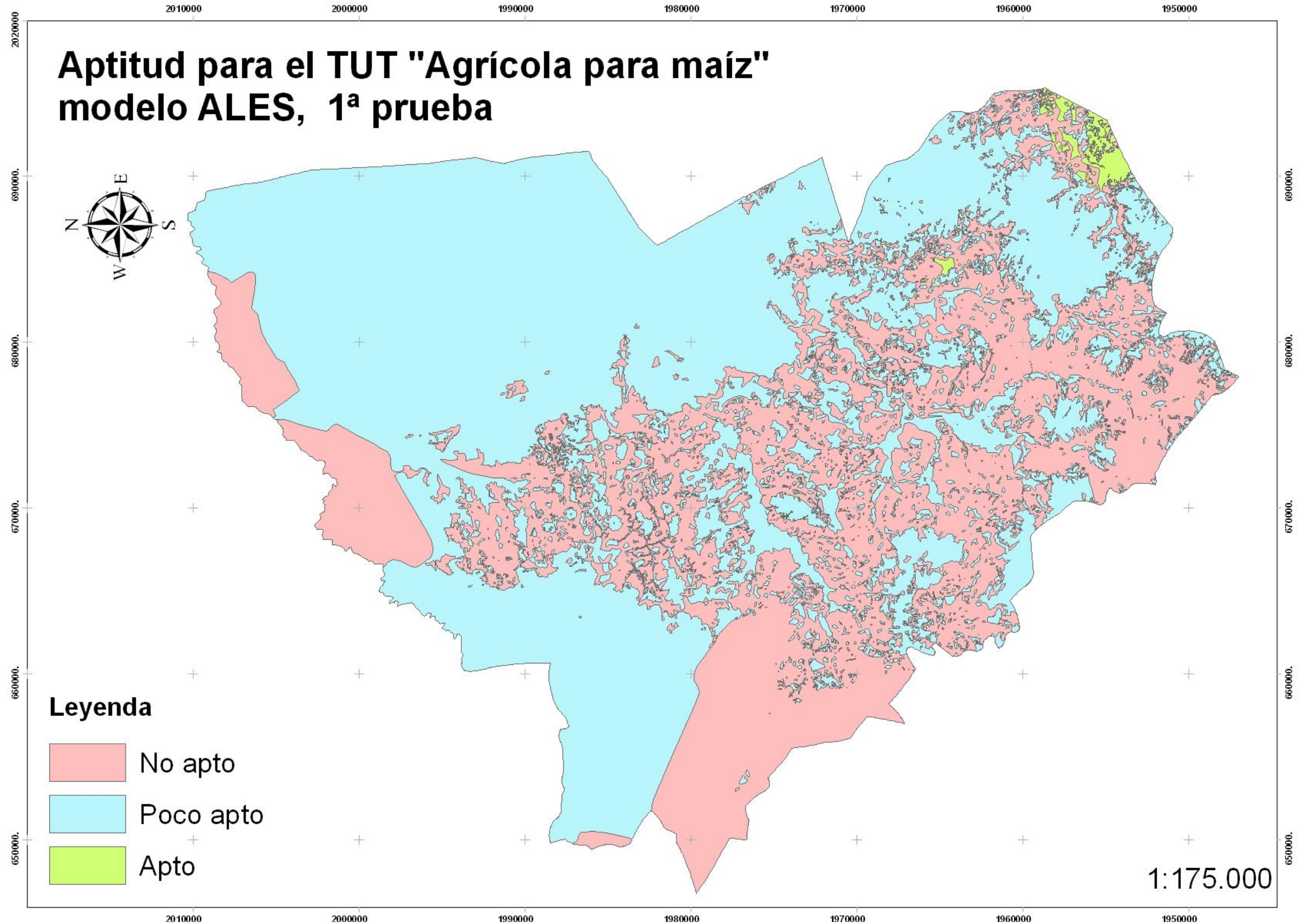


Fig 4. 21: Mapa de aptitud para el TUT "Agrícola para maíz", modelo ALES, prueba 1
(M^a Jesús Serra, 2010)

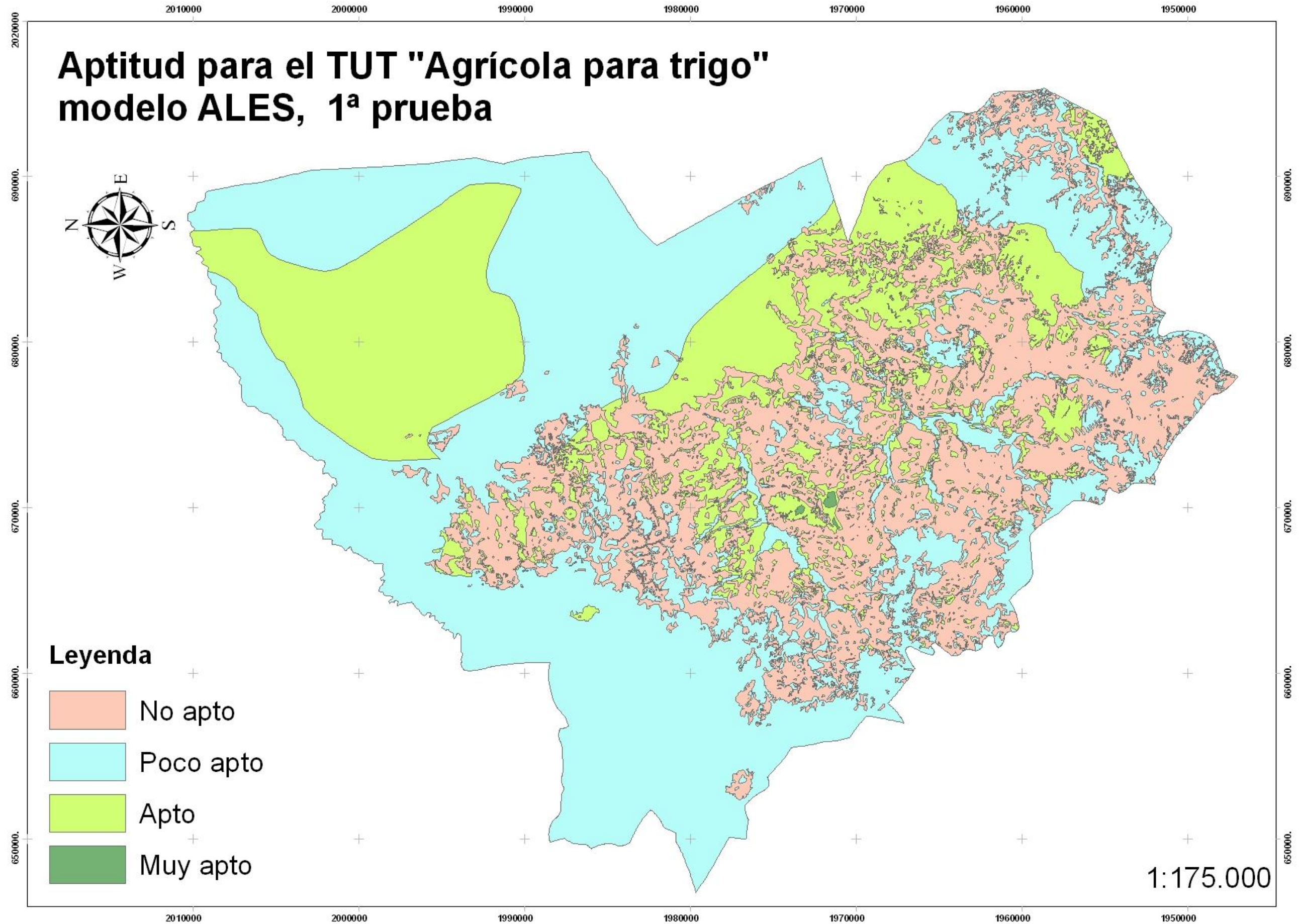


Fig 4. 22: Mapa de aptitud para el TUT "Agrícola para trigo", modelo ALES, prueba 1
(M^a Jesús Serra, 2010)



4.5.1 Análisis de los resultados

Lo primero que salta a la vista al observar los resultados de esta primera prueba del modelo, es el hecho de que ni en el caso del trigo ni en el del maíz, se encuentran restringidas para el cultivo las zonas montañosas. En ambos mapas de aptitud, éstas aparecen clasificadas como “Poco aptas” y, en el caso del trigo, en la parte norte del distrito, incluso alcanzan la clase “Aptas”.

Esto es especialmente llamativo, teniendo en cuenta que en esas zonas las pendientes en su mayoría superan el 25 % y que tal y como se ha explicado durante la creación del modelo, se ha intentado poner especial atención a la hora de permitir el desarrollo de esta actividad en zonas de riesgo de erosión, restringiéndola a zonas catalogadas con riesgo bajo o medio.

Aptitud	Superficie (ha)	
	Trigo	Maíz
No apto	48928,46	65684,43
Poco apto	79553,96	102061,94
Apto	40303,07	1126,46
Muy apto	87,34	0,00

Tabla 4. 1: Relación de superficies para cada clase de aptitud física, modelo ALES, 1ª prueba

Por otro lado, la superficie en la cual se alcanzan la clase de aptitud óptima, es muy pequeña en ambos casos. De hecho, en el caso del maíz es nula.

Las 87,34 ha catalogadas como “Muy aptas” para trigo, se corresponden con la unidad cartográfica “M5A” (ver *Anexo VI apartado A*). Esta unidad, se trata de un *Leptosol réndzico* correspondiente a la muestra 5 (ver *Anexo III*) con valores característicos de textura, materia orgánica, pH y pedregosidad óptimos para el desarrollo del trigo. Por otro lado, se trata de una zona llana y apta para la mecanización. En conclusión, la superficie catalogada por el modelo como óptima para el cultivo de trigo, se corresponde con la realidad.

Por otro lado, las zonas que a primera vista son aptas para el cultivo, dado que presentan suelos, pendiente y clima adecuados, aparecen caracterizadas como “No aptas” o “Poco aptas”. El ALES, presenta una opción mediante la cual



justifica qué camino ha seguido para determinar la clase de aptitud de una unidad cartográfica. Al emplear esta opción en estas zonas, la clasificación en clases bajas se justificaba por la baja disponibilidad de agua en estos lugares, sumada a la poca fertilidad existente (ver figura 4.23).

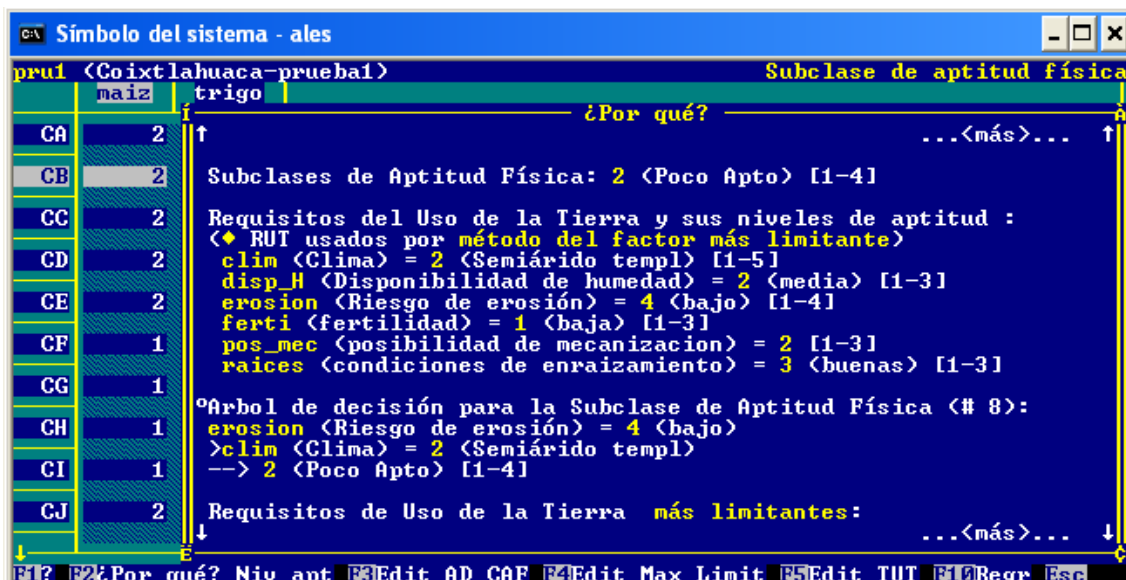


Fig 4. 23: Pantalla “¿Por qué?” del modelo ALES

Paralelamente, analizando el caso del maíz, se detecta que no se obtiene para ninguna unidad cartográfica la clasificación de “Muy apta”.

Las zonas catalogadas como aptas se corresponden siempre con *Regosoles* y *Luvisoles*, lo cual es correcto dado que se trata de suelos profundos, imprescindibles para el desarrollo del sistema radical del cultivo. Por otro lado, estas zonas aptas, están siempre colocadas en la esquina sureste del distrito. En esta esquina, junto con otra pequeña zona al norte, es la única zona de Coixtlahuaca donde se presenta el clima “Húmedo cálido”, óptimo para el cultivo del maíz.

Sin embargo, de nuevo en este caso, en las unidades cartográficas catalogadas como aptas para este uso, aparecen pendientes desde 0% hasta mayores del 25 %.

En conclusión, es necesario realizar una segunda prueba durante la cual el principal problema que se debe resolver, que afecta tanto al cultivo de maíz como al de trigo, es el relacionado con las pendientes. Se debe localizar el fallo



que provoca que se consideren “Poco aptas” o “Aptas” para el uso agrícola zonas con pendientes superiores al 25 %.

Además, como correcciones más específicas, para el TUT “Agrícola para trigo”, se debe tener en cuenta que si se considera “Poco apto” cuando la disponibilidad de humedad es “Alta”, debido al riesgo de pudrición de la raíz se debe considerar la disponibilidad de humedad “Media” o “Baja” con mejores calificaciones teniendo en cuenta que es la apropiada para el desarrollo de este cultivo.

Por último, para el TUT “Agrícola para maíz”, se debe considerar que a pesar de que el clima óptimo para su desarrollo es el “Húmedo cálido”, el maíz también es capaz de desarrollarse en otros climas aunque en condiciones ligeramente peores.

4.6 CREACIÓN Y APLICACIÓN DEL MODELO ALES, 2ª PRUEBA

Para la realización de esta segunda prueba, previamente se analizó detalladamente la anterior, con el objetivo de no cometer nuevamente los errores ya detectados. Así, se comenzó desde la base, es decir, desde la construcción de los árboles de decisión de los diferentes RUTs, comprobando con especial atención aquellos relacionados con la pendiente, dado que se trataba del principal problema.

Los RUTs “Posibilidad de mecanización” y “Riesgo de erosión” son los que incluyen en su árbol de decisión la pendiente, luego era probable que el problema estuviera en ellos. Fue difícil localizar el fallo ya que ambos RUTs parecían contruidos de manera coherente y lógica. Sin embargo, finalmente la solución apareció al replantearse, no si los árboles tenían una estructura lógica, sino si estaban contruidos acorde al fin para el que debían servir.

A la hora de realizar un mapa de riesgo de erosión, es evidente, que las variables más importantes son la vegetación actual de la zona, la pendiente y las precipitaciones por lo que era en base a estas CaTs sobre las que se había contruido el RUT “Riesgo de erosión” en la primera prueba. Sin embargo, el propósito de este modelo y para el cual debe estar contruido este RUT es determinar en qué zonas se debe localizar un cultivo (de maíz o de trigo)



teniendo en cuenta la capacidad del medio físico. Por tanto, en todos los casos se debe evaluar el RUT “Riesgo de erosión” suponiendo que la vegetación existente es un cultivo y sin tener en cuenta las otras posibilidades de vegetación.

Los resultados obtenidos en la primera prueba, tienen ahora una sencilla explicación: el RUT “Riesgo de erosión”, estaba establecido de manera que aquellas áreas con uso “Forestal”, quedaran caracterizadas con “Riesgo de Erosión Bajo” independientemente de sus características de pendiente y precipitación (ver figura 4.8). Además, esto se sumó a que en el intento de prevenir la erosión como principal premisa del modelo, todas aquellas zonas que tuvieran “Riesgo Alto” o “Muy alto” se clasificaron directamente como “No aptas” de forma que las únicas zonas que podían aspirar a una clasificación eran las de riesgo “Bajo” o “Medio”.

El efecto inmediato que estas premisas tuvieron a la hora de elaborar el mapa de aptitud fue, que la mayor parte de las zonas que lograban pasar el filtro del primer RUT “Riesgo de erosión” obteniendo niveles de “Bajo” o “Medio, fueran las correspondientes al uso “Forestal”, uso normalmente asociado a las pendientes más fuertes.

Para entender este último punto mejor, se va a aplicar un ejemplo. Supongamos un área de fuerte pendiente y precipitación abundante, donde a igualdad del resto de condiciones, aparece una zona arbolada y un pastizal. El modelo, en la primera prueba, hubiera establecido directamente el riesgo de erosión como “Bajo” en la zona arbolada, suponiendo que la vegetación protegería al suelo y como “Alto” en el pastizal, quedando por tanto éste último inmediatamente descartado para el uso agrícola.

Dado que en la zona arbolada, el riesgo es bajo, el modelo podría seguir avanzando y obtener una clasificación de “Apto”. Pero ¿qué sucedería si esa zona arbolada se transforma en agrícola? El riesgo de erosión pasaría inmediatamente a ser exactamente igual que el del pastizal descartado en un principio.

En conclusión, antes de hacer ningún cambio nuevo, se debe eliminar del modelo la CaT “Uso actual” ya que se considera que es erróneo tenerla en



cuenta en un modelo cuyo fin es el determinar un posible cambio de uso. La eliminación de esta CaT, obliga a reconstruir el árbol de decisión del RUT “Riesgo de erosión”, tal como se puede ver en la figura 4.24.

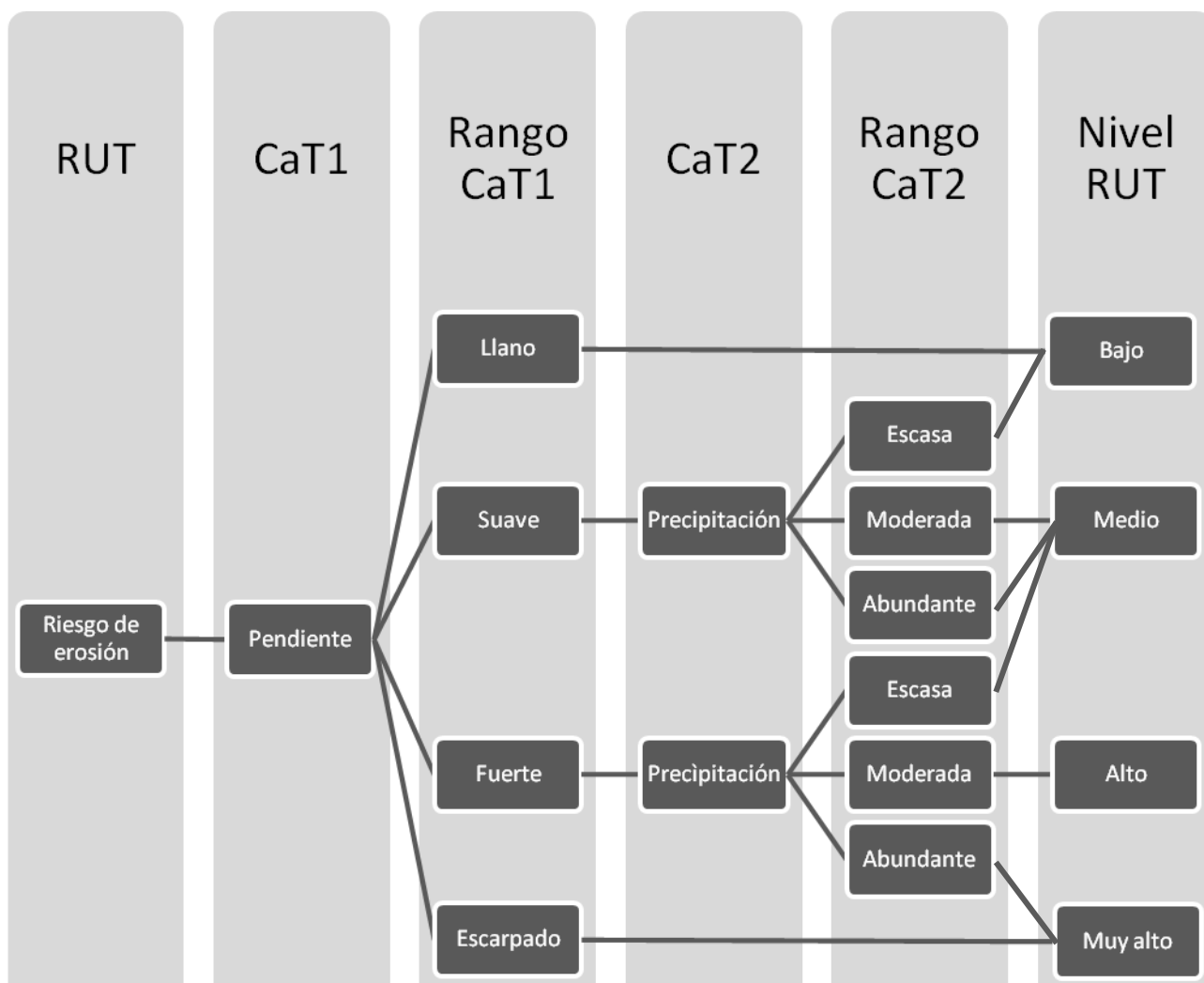


Fig 4. 24: Nuevo árbol de decisión del RUT "Riesgo de erosión"

La eliminación de la CaT “Uso actual” implica también la necesidad de redefinir las unidades cartográficas, de manera que en las nuevas, ya no sea un requisito necesario que el uso actual sea homogéneo a lo largo de toda la superficie que comprende cada unidad.

Así, mientras que en la primera prueba para cada unidad de suelo existían 72 posibilidades, al eliminar el uso actual existen únicamente 24 posibilidades compuestas por combinaciones del resto de CaTs, lo que con los diez tipos de suelo evaluados, hacen un total de 240 posibilidades.

Al igual que en el caso anterior, el primer paso fue comprobar cuántas de ellas



se dan realmente en el distrito de Coixtlahuaca, obteniendo un total de 94.

El listado completo de todas ellas junto con sus CaTs características, se encuentra en el *Anexo VI apartado B*. Por último, estas nuevas unidades se introdujeron al modelo, siguiendo los mismos pasos realizados para la primera prueba.

Solucionado ya el problema más grave, se pasó a realizar las pequeñas modificaciones en los árboles de decisión de los TUT que permitirían obtener zonas con la clasificación óptima, para el TUT “Agrícola para maíz” y mejorar la elección de las zonas aptas para el caso del TUT “Agrícola para trigo”.

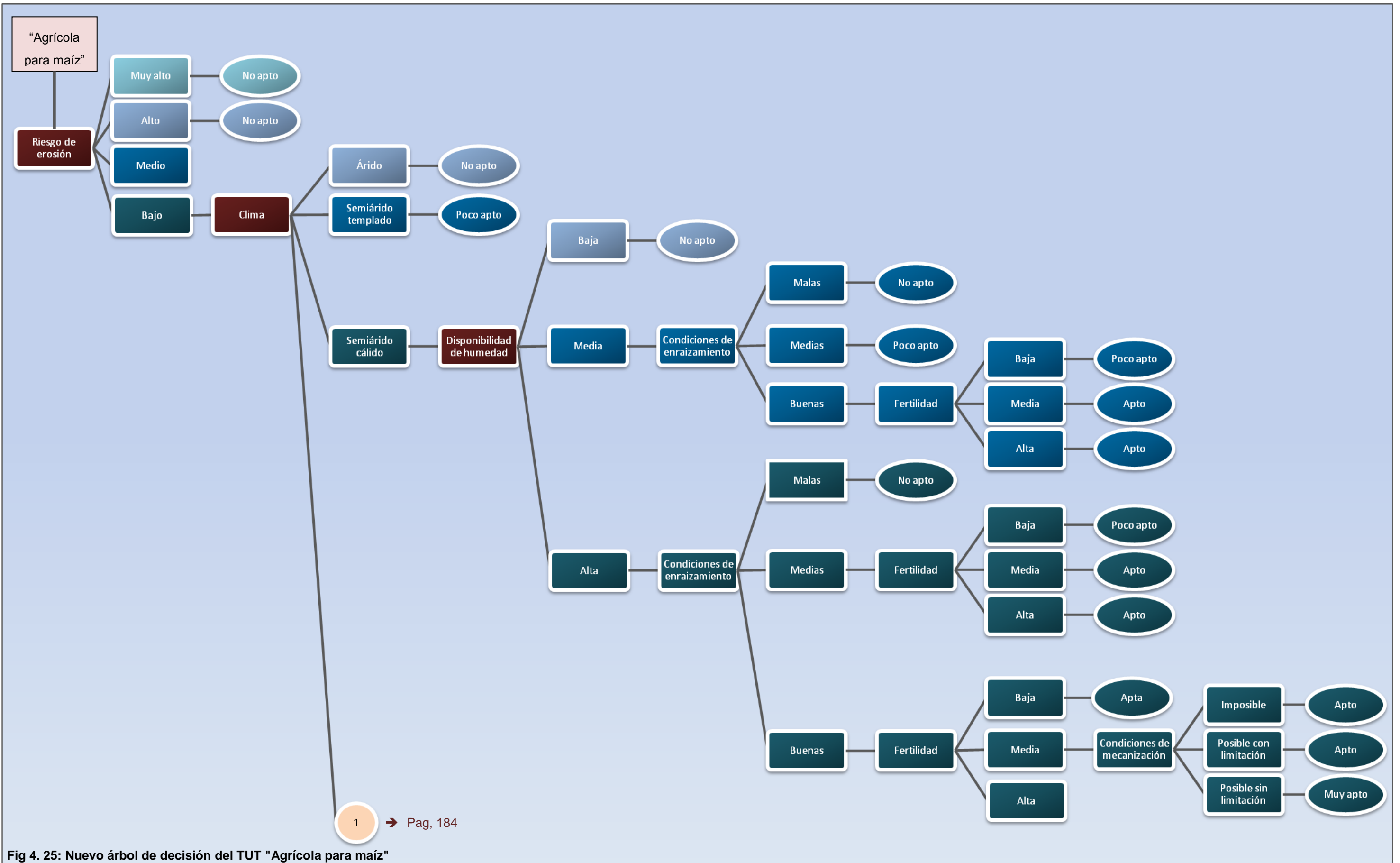
Así, en el caso del maíz en el que las zonas aptas estaban restringidas a aquellas que presentaran clima “Húmedo cálido” y, dado que el maíz puede sobrevivir con temperaturas y precipitaciones menores que las existentes en dicho clima, se decidió a lo largo de la segunda prueba suavizar ligeramente los criterios con respecto al resto de climas, para ver si se conseguía obtener la clasificación óptima para este TUT

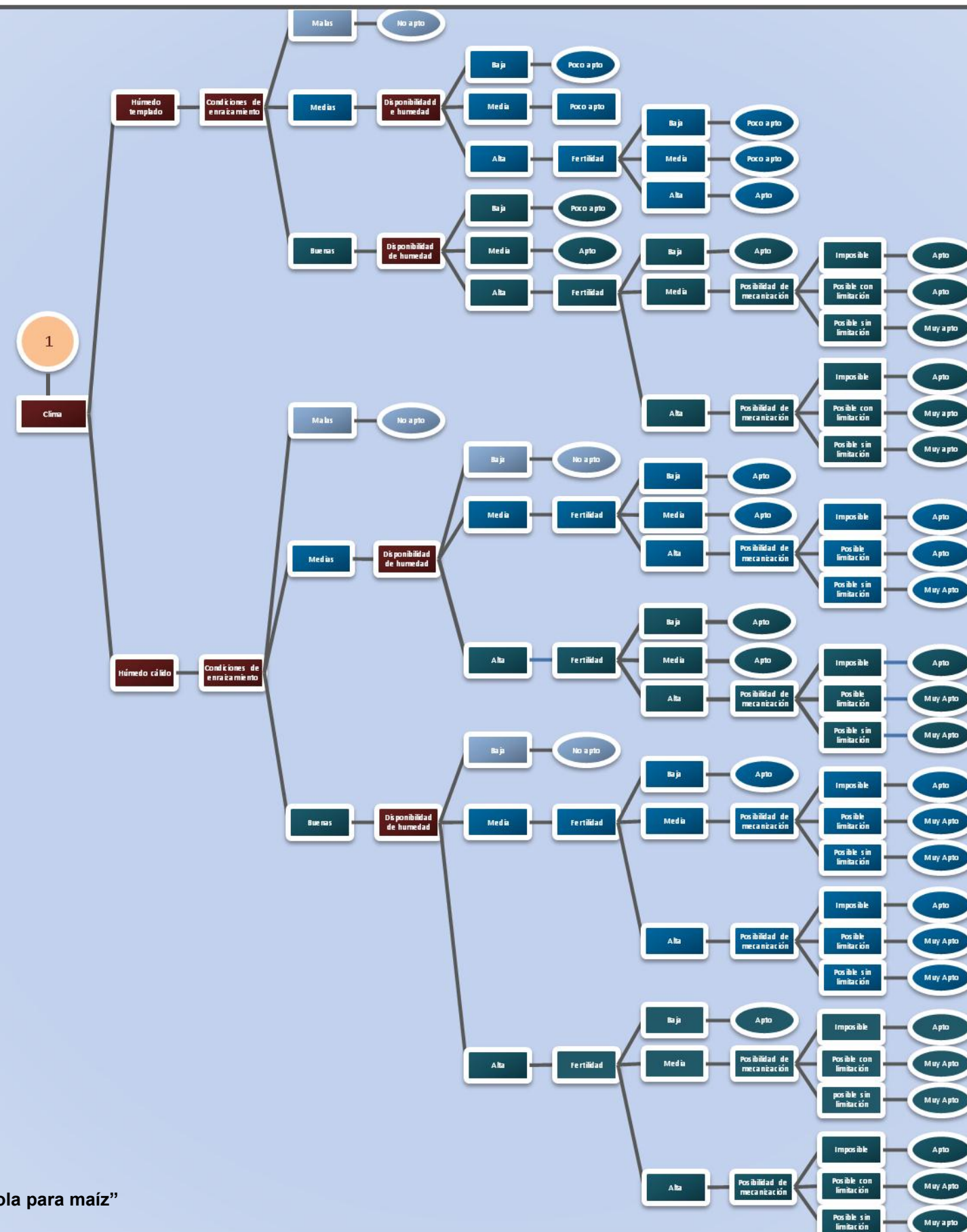
En el caso del trigo la mayoría de áreas calificadas como “Poco aptas” se debían a baja fertilidad y baja disponibilidad de humedad. Sin embargo, el trigo no es un cultivo que exija mucha fertilidad y no necesita una alta disponibilidad de humedad. De hecho, en caso de haber agua en abundancia, se termina produciendo la pudrición de las raíces por lo que el modelo está definido de manera que si la unidad cartográfica presenta como “Disponibilidad de agua - Alta”, directamente es considerada “Poco apta” para el cultivo del trigo.

En conclusión, se decidió establecer como “Aptas”, aquellas zonas que con condiciones de enraizamiento adecuadas presentaran baja fertilidad o baja disponibilidad de humedad.

En las figuras 4.25 y 4.26 se pueden observar los nuevos árboles de decisión para los TUT “Agrícola para maíz” y “Agrícola para trigo” respectivamente.

Los resultados de la nueva evaluación representados cartográficamente se exponen en las figuras 4.27 y 4.28.





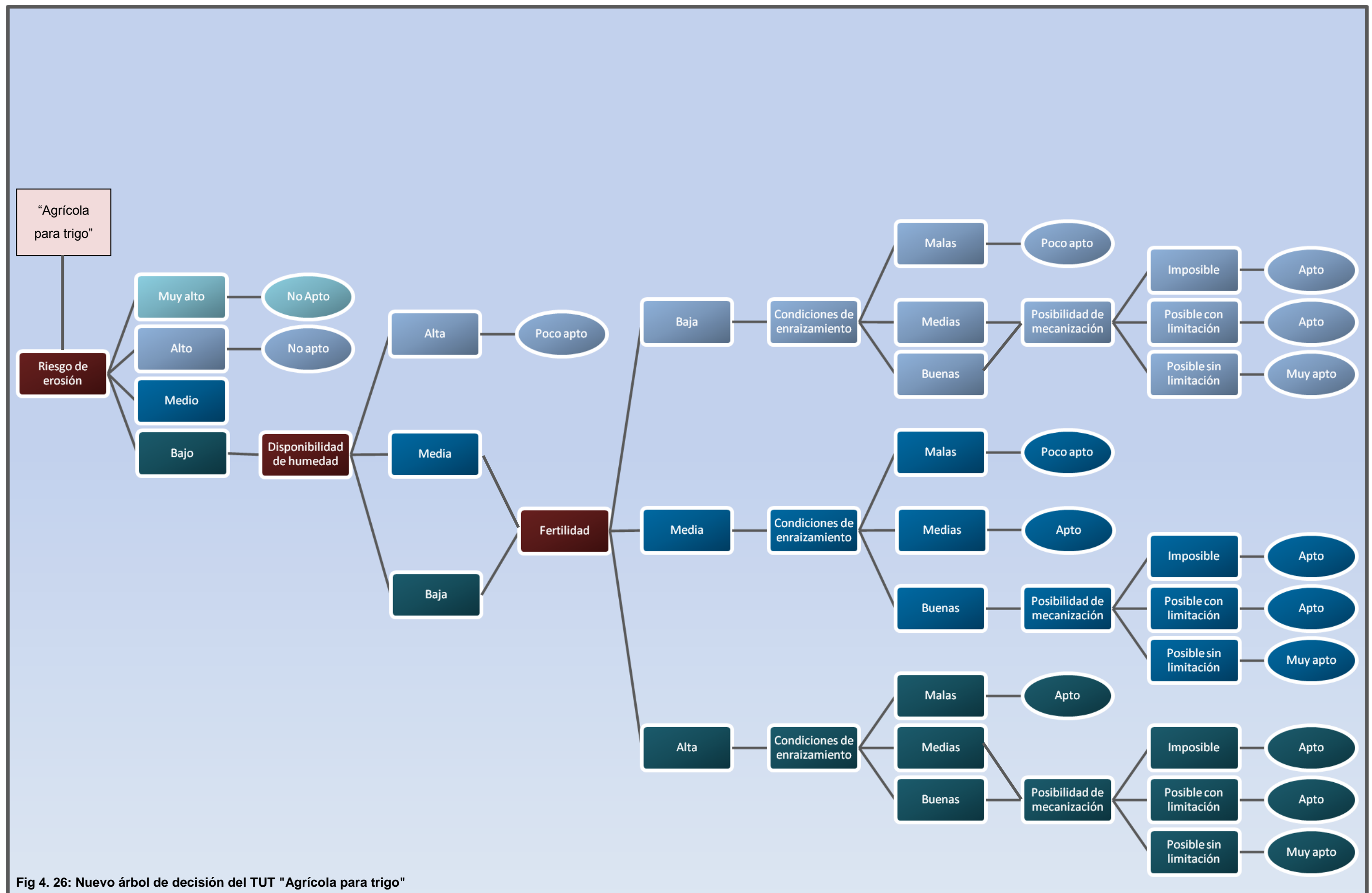


Fig 4. 26: Nuevo árbol de decisión del TUT "Agricultura para trigo"

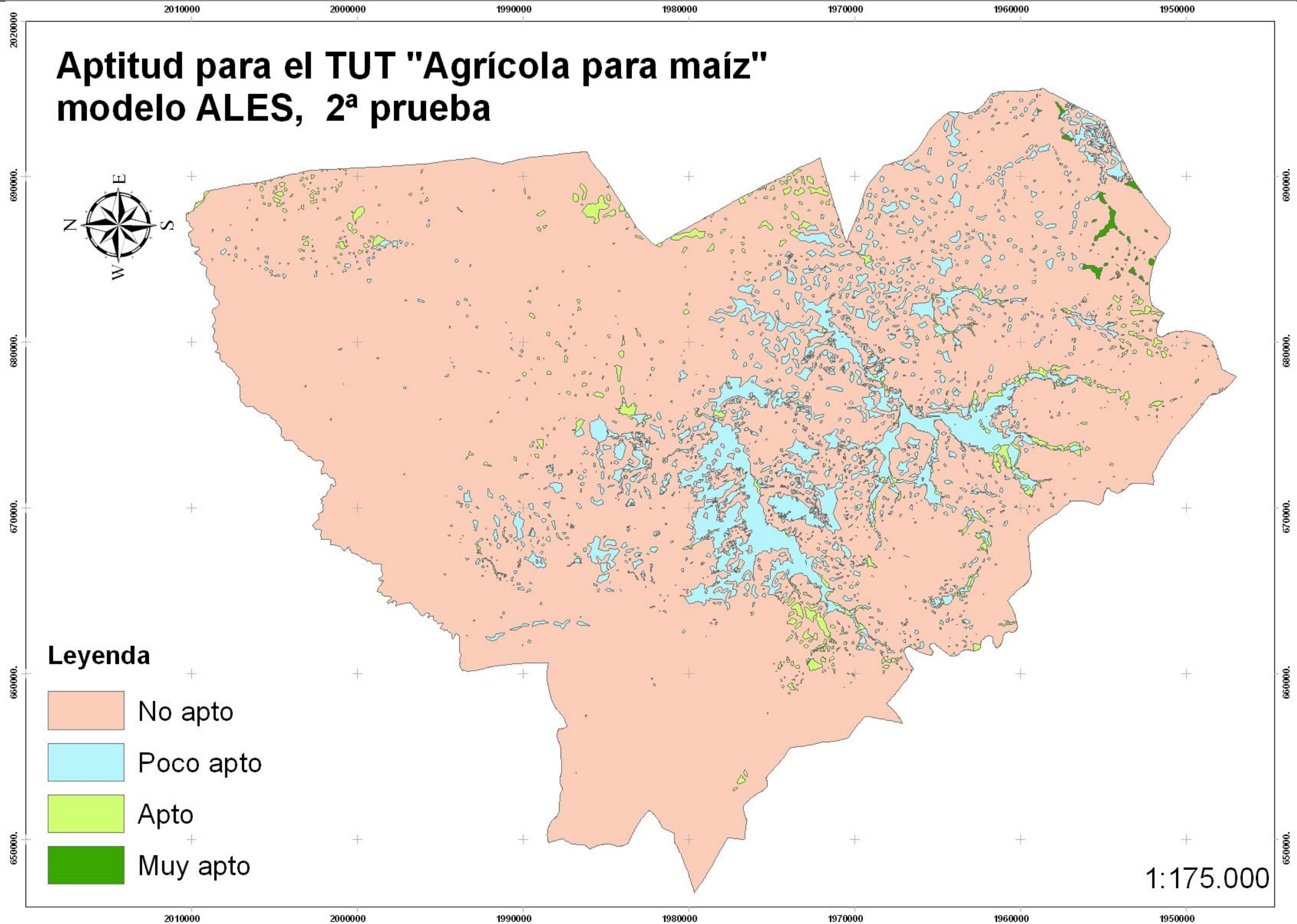


Fig 4. 27: Mapa de aptitud definitivo para el TUT "Agrícola para maíz", modelo ALES, 2ª prueba
(M^a Jesús Serra, 2010)

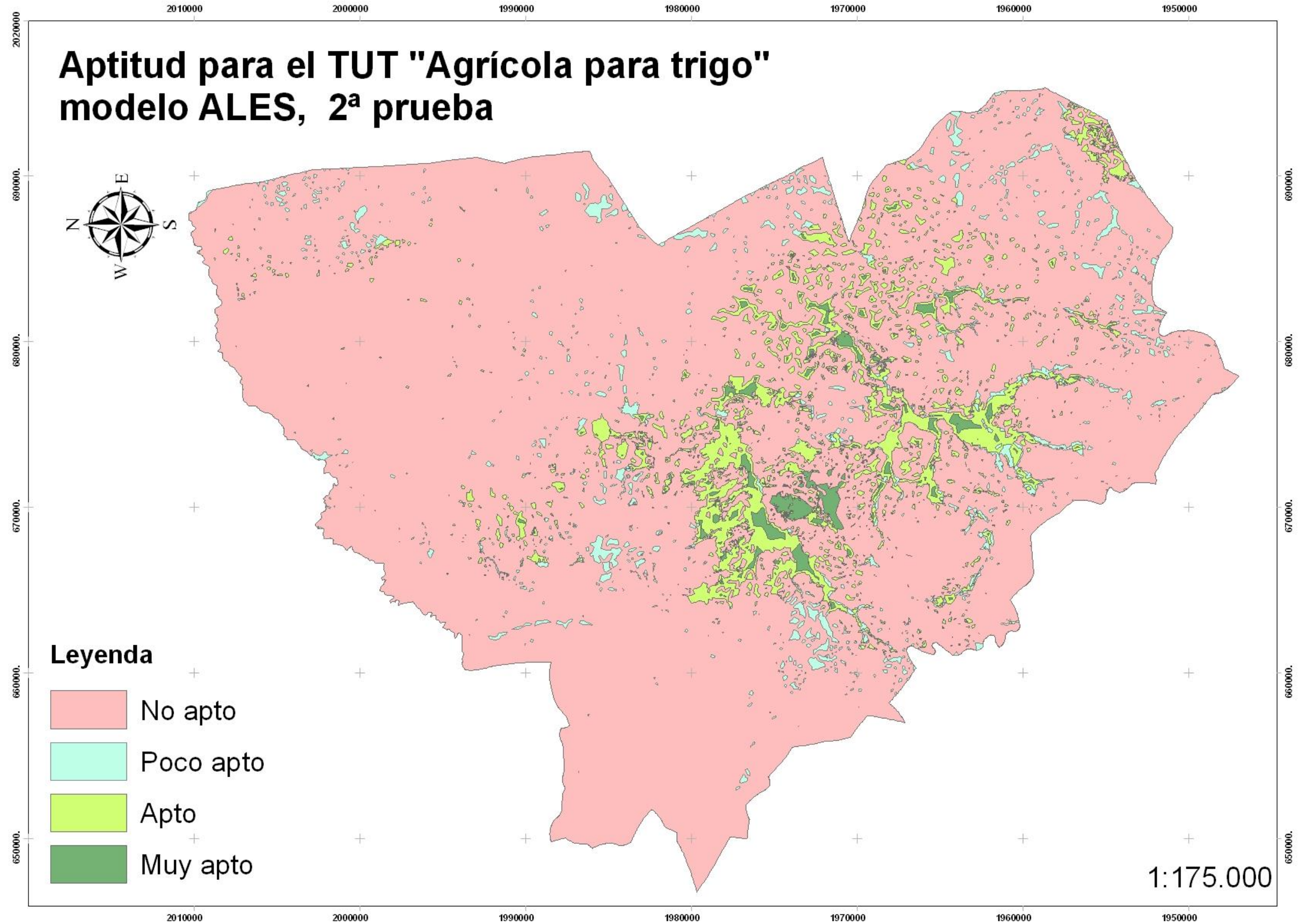


Fig 4. 28: Mapa de aptitud definitivo para el TUT "Agrícola para trigo", modelo ALES, 2ª prueba
(M^a Jesús Serra, 2010)



4.6.1 Análisis de los resultados

Como se puede observar, en las figuras 4.27 y 4.28 ahora todas las zonas montañosas de la periferia del distrito, están catalogadas como “No aptas” debido a sus fuertes pendientes. Esto ocurre tanto en el caso de “Agrícola para trigo” como en el caso de “Agrícola para maíz” por lo que en principio, el problema con la pendiente queda solucionado.

Aptitud	Superficie (ha)	
	Trigo	Maíz
No apto	15446,83	151659,68
Poco apto	4810,1	14058,36
Apto	10837,31	2889,01
Muy apto	1778,59	265,79

Tabla 4. 2: Relación de superficies para cada clase de aptitud física, modelo ALES, 1ª prueba

Por otro lado, se ha conseguido obtener la calificación de “**Muy apto**” para el TUT “Agrícola para maíz” en una pequeña superficie del distrito. En todas las unidades cartográficas catalogadas como muy aptas para dicho TUT, aparecen *Luvisoles* con topografía llana o suave y que presentan un clima húmedo en sus dos variantes o semiárido cálido. En este segundo caso, la textura arcillosa de los *Luvisoles*, ha paliado la posible falta de humedad. Estas combinaciones de CaTs aparecen únicamente en la esquina sureste del distrito y por tanto es en esa zona en la única donde se obtiene la calificación “Muy apto” para el cultivo de maíz. En todos los casos, estas áreas, están catalogadas como “Poco aptas” para el otro TUT analizado, “Agrícola para trigo”.

Las unidades cartográficas que se consideran “**Aptas**” para el cultivo del maíz, se corresponden con *Fluvisoles*, *Leptosoles réndzicos* y *Leptosoles háplicos*, que presentan todo tipo de pendientes, pero predominantemente suaves. Estas áreas no alcanzan la clase superior “Muy apta”, debido a un conjunto de características, que sin ser restrictivas, no son óptimas para cultivo del maíz, como por ejemplo combinaciones de clima templado, con condiciones de enraizamiento medias, disponibilidad de humedad alta y fertilidad baja.



Aquellas zonas que en la clasificación se han determinado como **“Poco aptas”** en general, coinciden con las “Aptas” o “Muy aptas” para el cultivo del trigo. Son zonas de pendiente llana o suave, con clima semiárido en su variante templada, aunque en alguna ocasión también aparece la húmeda. Con respecto a los suelos, no se puede sacar ninguna conclusión dado que en este grupo se presentan las diez unidades edáficas estudiadas.

Las zonas catalogadas como **“No aptas”** son zonas limitadas por, bien un riesgo de erosión alto o muy alto debido a la confluencia de fuertes pendientes y abundantes precipitaciones, bien por ser zonas erosionadas sin suelo donde no se puede llevar a cabo ninguna labor agrícola o bien por presentar como unidad edáfica los *Leptosoles líticos* demasiado someros para el desarrollo del sistema radical del maíz.

Para el caso del trigo, la superficie clasificada como **“Muy apta”** también ha aumentado en más de 1000 ha. Las unidades cartográficas homogéneas así clasificadas son *Leptosoles réndzicos* y *Fluvisoles* con clima semiárido templado. Al igual que ocurre en el caso del maíz, todas las zonas óptimas para el cultivo del trigo, son “Poco aptas” para el cultivo del maíz.

El calificativo de **“Aptas”**, se otorga a las zonas con *Leptosoles réndzicos*, *Leptosoles háplicos*, *Regosoles lépticos* o *Fluvisoles*, con pendientes predominantemente suaves y clima en general semiárido en sus dos variantes aunque se dan casos de árido. El problema por el que estas zonas en general, no ascienden a la clase óptima, es el hecho de que por pendiente o pedregosidad o por una combinación de ambas, no es posible la mecanización.

Casi todas las unidades cartográficas clasificadas como **“Poco aptas”** se corresponden con el clima húmedo en cualquiera de sus dos variantes. Esto se debe, a que la disponibilidad de humedad alta podría producir la pudrición de las raíces tal y como se explicó durante la construcción del modelo.

Por último, los motivos de **exclusión** para este TUT son en todos los casos, un riesgo de erosión con nivel “Alto” o “Muy alto”, casos en los cuales, cualquier área queda descartada por sistema para cualquier actividad agrícola.

Finalmente, tal y como se ha justificado a lo largo de este apartado, se



considera que esta vez, el modelo ALES refleja con exactitud la aptitud de las diferentes unidades cartográficas homogéneas evaluadas para los diferentes Tipos de Utilización de la Tierra evaluados. Por tanto, los mapas de las figuras 4.27 y 4.28, se consideran los definitivos y serán los que se empleen para realizar la planificación a lo largo del siguiente capítulo.

4.7 COMPARACIÓN DEL MODELO ALES Y DEL MODELO USDA

Para comenzar a comparar ambos modelos, en primer lugar hay que tener en cuenta, que la evaluación a través del ALES se ha llevado a cabo para dos Tipos de Utilización de la Tierra (TUTs) diferentes. De esta forma, cada unidad cartográfica, queda doblemente clasificada según su aptitud agrícola para trigo y su aptitud agrícola para maíz.

Para unificar ambas clasificaciones en una sola y teniendo en cuenta que ambos TUTs son de naturaleza agrícola, se decidió dotar a cada unidad cartográfica de una aptitud genérica para este uso independientemente del cultivo evaluado.

Para establecer esta nueva aptitud, se escogió para cada área la mejor entre las dos posibles determinadas para los distintos cultivos. Esto se justifica, debido a que en el momento que una zona es apta para un cultivo, independientemente de cual, se puede considerar que ese área es apta para la agricultura, dado que ésta última connotación es más genérica y no especifica el tipo de cultivo.

Por otro lado, como ocurre siempre que se precisa realizar cualquier comparación, es imprescindible homogeneizar la escala de trabajo.

En el modelo USDA, para el distrito de Coixtlahuaca, se obtuvieron siete clases agrológicas diferentes, numeradas desde la II hasta la VII. De ellas, solo las tres primeras son aptas para el uso agrícola empeorando su calidad según avanza la numeración, mientras que las cuatro restantes son no aptas.

Paralelamente, el modelo ALES, dispone de cuatro clases agrológicas, de las cuales tres son aptas para un uso agrícola con diferentes grados de aptitud y la cuarta clase, es no apta.



En conclusión, ambos modelos presentan tres clases que determinan un posible uso agrícola con diferentes grados de aptitud y una clase (en el caso del ALES) o cuatro (en el caso del modelo USDA) que declaran inviable el uso agrícola.

Por tanto aquellas zonas caracterizadas como “Muy aptas” en el modelo ALES son semejantes a las consideradas dentro de la “Clase agrológica II” del modelo USDA. Siguiendo esta dinámica, la clase “Apta” se corresponde con la “Clase agrológica III” y la clase “Poco apta” del modelo ALES con la “Clase agrológica IV. Por último, las clases agrológicas V, VI VII y VIII del modelo USDA, sin aptitud para la agricultura, se corresponden con la clase “No apta” del modelo ALES.

	Superficie (ha)
Coinciden	152600,99
ALES más permisivo	13831,95
USDA más permisivo	2439,89

Tabla 4. 3: Comparación entre ALES y USDA

Tal y como se puede ver en la tabla 4.3 la superficie en la que ambos modelos coinciden es la más representativa abarcando más del 90 % de la superficie total del distrito. De esas zonas, un 88 % está catalogada en ambos modelos como no apta. En la figura 4.29 se puede observar como las áreas de discordancia son principalmente las agrícolas, tanto las existentes en la parte central del distrito, como las existentes en la esquina sureste del mismo.

En primer lugar, en la parte central aparece en muchas ocasiones el caso en el que el modelo ALES cataloga áreas como “Muy aptas” o “Aptas” mientras que el USDA, las define como “No aptas”.

La explicación es sencilla. Según la clave del modelo USDA, disponible en el *Anexo V*, ningún suelo con una profundidad efectiva menor de 25 cm debe ser empleado para la agricultura. En la parte central de Coixtlahuaca, casi toda la superficie presenta como unidad edáfica los *Leptosoles réndzicos*, cuya profundidad está limitada a 25 cm. Por este motivo, estas zonas son



inmediatamente descartadas por este modelo. Paralelamente, el modelo ALES, más especializado en un tipo de cultivo determinado, dispone que aunque esas zonas no son aptas para el cultivo del maíz al tratarse de suelos demasiado someros, sí cumplen los requisitos de profundidad necesarios para el sistema radical del trigo.

En la esquina noreste del distrito aparece la situación contraria, siendo el modelo USDA menos estricto, ya que como "Aptas" zonas que el ALES cataloga de "Poco aptas". Al comprobar las características de dichas zonas, se trata en su totalidad de *Luvisoles*, con pendientes suaves o incluso llanos que en apariencia deberían ser considerados como buenas opciones para un uso agrícola.

Se utilizó la opción del ALES correspondiente para averiguar por qué motivo estas zonas recibían una calificación tan baja. La respuesta fue la siguiente: La unidad edáfica predominante en esta zona son los *Luvisoles*, caracterizados por una marcada textura arcillosa. Esto sumado a una precipitación moderada, también propia de la zona, da como resultado una disponibilidad de humedad relativamente alta que podría poner en peligro las raíces del trigo, por lo que se considera "Poco aptas" para el mismo. Por otro lado, el clima, semiárido húmedo, no presenta los requisitos ni de precipitación ni de temperatura para garantizar un correcto desarrollo de un cultivo de maíz, por lo que también obtiene la clasificación de "Poco apto" para el mismo.

Por tanto, en todos los casos estudiados que presentan discordancia entre el modelo ALES y el modelo USDA, está mejor justificada la respuesta que se obtiene del ALES dado que está más adaptado a las particularidades de la zona. Sin embargo, no se debe olvidar, que las zonas no aptas, quedan mejor clasificadas por el otro modelo, dado que mientras que en ALES simplemente se las descarta para la agricultura, en el modelo USDA, por el contrario, se propone un uso ganadero (clases agrológicas V y VI) o de conservación (clases agrológicas VI y VII) según las características de cada zona.

En conclusión, a la hora de elaborar un mapa definitivo aprovechando las ventajas de ambos modelos, se va a utilizar el modelo USDA para todas aquellas áreas en las que ambos modelos establezcan la clase "No apto". Para



el resto de zonas, se mantendrá la clase de aptitud determinada por el modelo ALES.

El resultado obtenido tras la fusión de ambos mapas, incluyendo las recomendaciones de uso del modelo USDA para cada clase agrológica se encuentra en la figura 4.30.

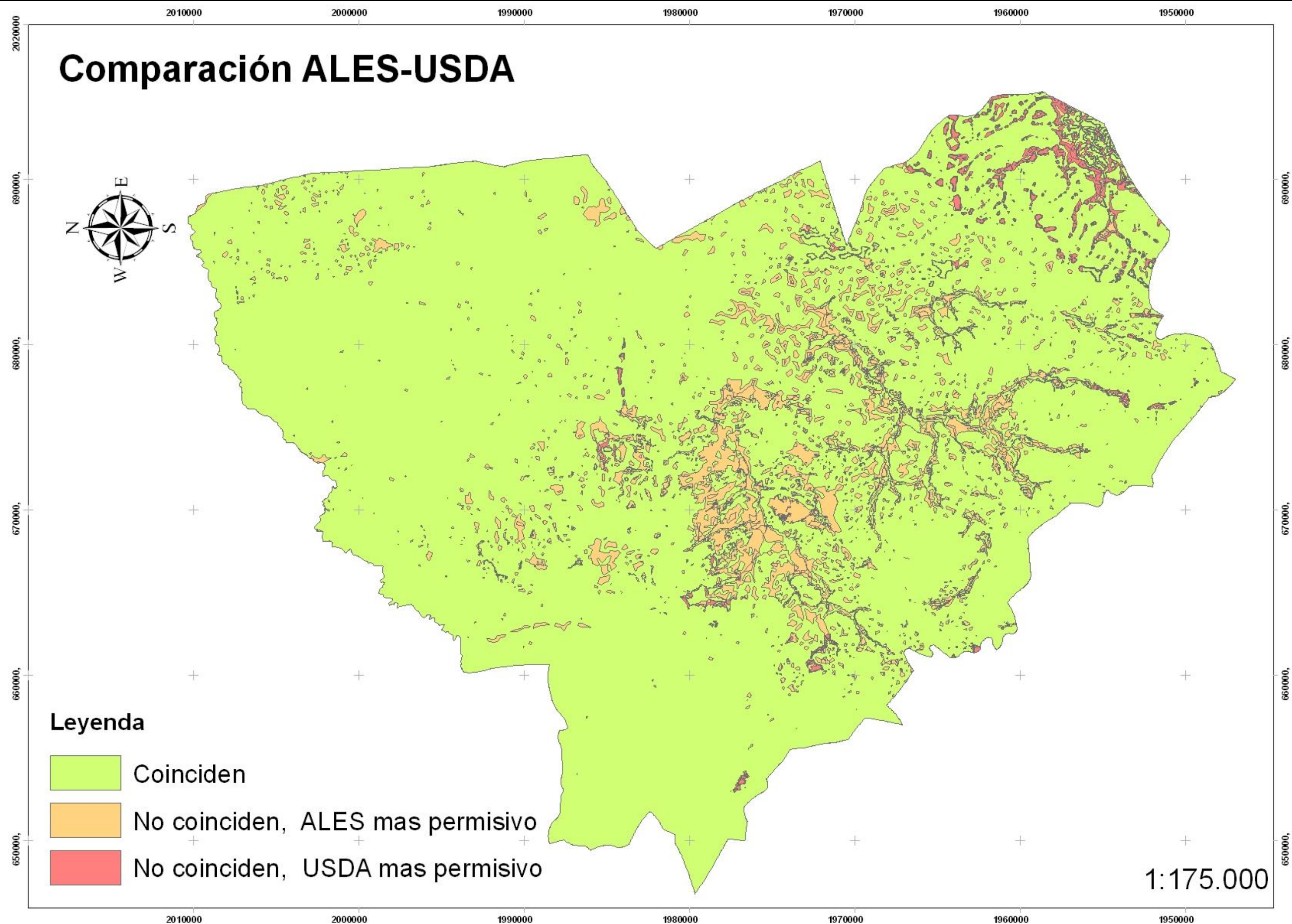


Fig 4. 29: Comparación modelos: ALES-USDA
(M^a Jesús Serra, 2010)

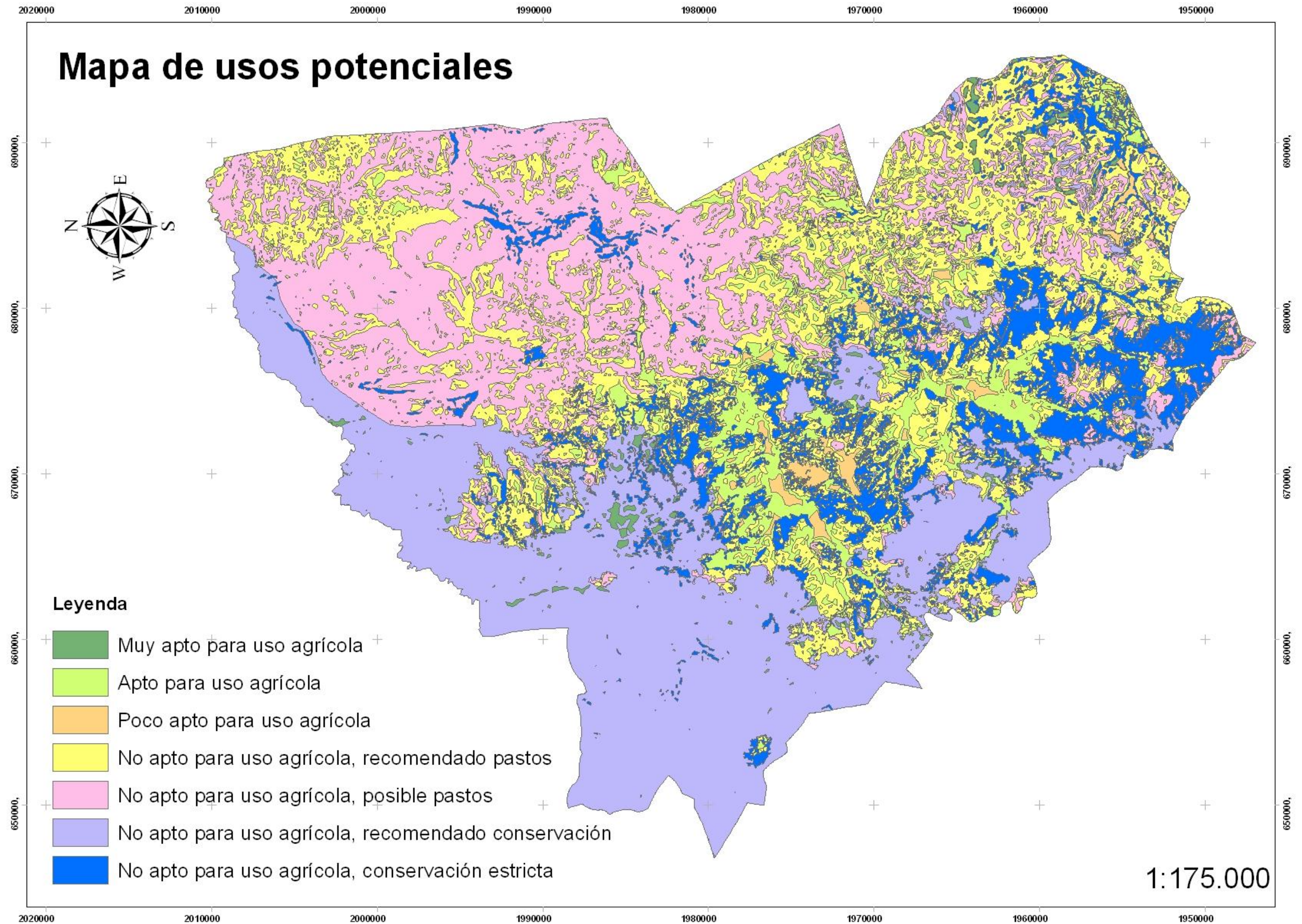


Fig 4. 30: Mapa de usos potenciales
(M^a Jesús Serra, 2010)



5 PROPUESTAS DE ACTUACIÓN PARA EL DISTRITO DE COIXTLAHUACA

El objetivo de una planificación, tal y como se ha citado en numerosas ocasiones a lo largo de este proyecto, es conseguir gestionar el terreno de manera que se obtengan los máximos beneficios sociales sin comprometer los recursos naturales para generaciones futuras.

Todo el trabajo realizado a lo largo de los capítulos anteriores, culmina por tanto en el presente capítulo, donde se integra toda la información y conocimiento obtenido, tanto de índole social como la que concierne al medio físico.

Los usos del suelo actuales que se presentan en el distrito de Coixtlahuaca son el punto de partida a la hora de hacer una planificación. Es esencial, no solo conocer cuáles son, sino también su distribución y la correspondiente aptitud obtenida a partir de los modelos aplicados durante el *capítulo 4 Modelos de evaluación de Tierras*.

Uso	Sup (ha)	% Sup
Forestal	85358,44	50,55
Agrícola	16663,36	9,87
Urbano	560,61	0,33
Cuerpo de agua	23,21	0,01
Erosionado	18407,44	10,90
Matorral-pastizal	47859,78	28,34
TOTAL	168872,83	100,00

Tabla 5. 1: Superficie y distribución porcentual de los distintos usos del suelo en el distrito de Coixtlahuaca

En Coixtlahuaca el 50 % de la superficie está considerada terreno forestal en buen estado de conservación y que presenta una cobertura vegetal adecuada. Estas áreas, se concentran sobre todo en la periferia del distrito, siendo bastante escasas en la parte central del mismo.



El matorral-pastizal, es el siguiente uso predominante, ocupando casi un 30 % del terreno. Las zonas pertenecientes a este grupo, se encuentran por todo el distrito, especialmente en el centro del mismo, junto con zonas agrícolas y erosionadas.

La agricultura, aunque de subsistencia, es imprescindible para garantizar un medio de vida a las familias de las comunidades locales. A este uso, está destinado un 10 % del terreno del distrito.

Ocupando el mismo porcentaje que la agricultura, las zonas erosionadas son las que más destacan en el paisaje de Coixtlahuaca. Se trata de terrenos que se presentan totalmente degradados, sin suelo ni vegetación y muchas veces protagonizados por grandes cárcavas.

A partir de los modelos elaborados en el capítulo anterior, se ha estudiado la capacidad de los distintos terrenos que conforman el distrito para asumir el uso agrícola, actividades pecuarias o de conservación.

A continuación se analizan estos resultados junto con el uso actual que presentan los terrenos, teniendo en cuenta las necesidades de la población local detectadas a través de las entrevistas realizadas. Se pretende optimizar los recursos y medios existentes en un intento de planificar los escenarios que puede adoptar el distrito a través de un abanico de posibilidades a realizar en cada caso:

5.1 USO FORESTAL

Actualmente en Coixtlahuaca, un 50,55 % de la superficie es terreno forestal en buen estado. Es decir, son zonas con vegetación densa, en diferente grado de evolución.

Dentro de la superficie forestal, aparecen diferentes formaciones entre las cuales las que mayor superficie ocupan son, por este orden, el matorral espinoso (33 % de la superficie forestal), el bosque de encino (30 % de la superficie forestal) y el chaparral (18 % de la superficie forestal). (ver tabla 5.2)

Teniendo en cuenta que la protección que esta vegetación aporta al suelo es



inmejorable, el alto estado de degradación de las zonas no vegetadas y, el hecho de que no hay necesidad de nuevos pastos ni de nuevas áreas agrícolas, el uso forestal actual se mantiene intacto en la propuesta de asignación de usos y su única modificación van a ser las nuevas áreas que se reforesten provenientes de los demás usos.

	Sup (ha)	% Forestal	% Sup total
Encino	23690,88	27,75	14,03
Chaparral	15283,59	17,91	9,05
Mat espinoso	28121,64	32,95	16,65
Mat xerof	3970,44	4,65	2,35
Selva baja	14029,42	16,44	8,31
Reforestaciones	262,47	0,31	0,16

Tabla 5. 2: Distribución de la superficie forestal según las diferentes formaciones

Para determinar qué actuaciones se deben llevar a cabo con el fin de conservarlas o de aprovecharlas de manera compatible con su desarrollo, se van a establecer una serie de criterios. Como ayuda para establecer estas directrices se va a atender a la vocación de estas áreas para facilitar la determinación de su gestión.

En primer lugar, todas aquellas zonas recomendadas por el modelo USDA para la conservación o de conservación estricta (ver figura 4.30), correspondientes con la “Clase agrológica VII” o “Clase agrológica VIII” de dicho modelo, se propone destinarlas exclusivamente al desarrollo de la flora y de la fauna silvestre independientemente de la formación vegetal que en ellas aparezca. En estas zonas, en un principio, no se debe realizar ninguna actuación ni permitir ningún aprovechamiento. El motivo es que se trata de zonas muy sensibles, actualmente en equilibrio, pero donde cualquier alteración podría suponer una degradación difícilmente reversible.

En la figura 4.30, esta área protegida aparece representada a través de tonos azulados. Tal y como se puede observar se concentra especialmente en el oeste del distrito. En caso de prohibir firmemente el aprovechamiento de leñas



y pastos, los municipios de Concepción Buenavista, Santiago Ihuitlán Plumas, Tlacotepec Plumas, San Francisco Teopan y Santa Magdalena Jicotlán se verían muy afectados.

En estos municipios, se ha reducido el ganado caprino, incluso desapareciendo del todo en el caso de Ihuitán Plumas. Sin embargo, la mayor parte de las estufas en todos ellos, son de leña, luego ésta es un recurso vital en la vida cotidiana de la población local. Hay que tener en cuenta, que actualmente, estas zonas se encuentran en buen estado y a la vez están siendo aprovechadas por estas comunidades.

Con estas premisas, finalmente, estas zonas se restringen completamente para el pasto, y sin embargo, se permite el aprovechamiento de leñas exclusivamente por parte de las comunidades cercanas y siempre y cuando ésta se haga a ramas o árboles muertos.

A continuación, se pasa a analizar el resto de zonas recomendadas o posibles para pastos según el modelo USDA (“Clase agrológica V” y “Clase agrológica VI”). Dentro de éstas, nos encontramos superficies forestales que se corresponden con chaparrales, bosques de Quercus, matorral espinoso, matorral xerófilo, reforestaciones y selva baja. De estos usos, los tres últimos van a recibir un tratamiento semejante a las zonas de conservación explicadas en primer lugar, y así:

- El matorral xerófilo en Coixtlahuaca, representa una pequeña proporción de la superficie total del distrito (2,35 %). Esta formación se presenta en la parte norte de la zona de estudio y se trata de uno de los motivos principales por los que se constituyó en 1998 la Reserva de la Biosfera de Tehuacan-Cuicatlán. En ella aparecen bastantes endemismos únicos en el mundo y objeto de gran cantidad de estudios.

Por otro lado, las especies que conforman este grupo, suelen desarrollarse en fuertes pendientes, sujetando de manera efectiva las laderas y garantizando su estabilidad.

Es esencial por tanto conservar esta formación dada su exclusividad y su importante labor en la prevención de la erosión.



- La selva baja caducifolia, aparece al norte del distrito, en la frontera con el estado de Puebla. Esta formación se encuentra íntimamente ligada a la anterior, el matorral xerófilo, por lo que exactamente por las mismas razones, se debe garantizar su integridad y conservación.
- Respecto a las reforestaciones, se trata de zonas que se encontraban degradadas hasta hace relativamente poco tiempo, como máximo 20 años y que están en proceso de recuperación. Por tanto, a pesar de que probablemente algún día se podrán gestionar y aprovechar para leñas o para madera, actualmente deben protegerse y dedicarse a la conservación.

	Superficie (ha)	% Sup forestal	% sup total
Conservación	48479,00	56,79	28,71
Aprovechable	36879,43	43,21	21,84
TOTAL	85358,44	100,00	50,55

Tabla 5. 3: Distribución propuesta para el uso forestal

El resto de zonas que presentan esta clasificación se encuentran cubiertas por matorral espinoso, bosque de Quercus y chaparral. Todas ellas son especies apropiadas para el aprovechamiento de leñas y se encuentran en zonas donde si este aprovechamiento se realiza con control, no debería suponer una presión excesiva para los recursos naturales, pudiendo ser incluso beneficiosa. Por este motivo, en esas zonas se permite el aprovechamiento de leñas y de pastos si fuera necesario.

Sin embargo se recomienda la elaboración de una ordenación de dichos recursos, de manera que se establezca de forma objetiva, la cantidad de leña extraíble y/o la cantidad de cabezas de ganado que se pueden introducir.

Por último, aquellas zonas que siendo forestales tienen aptitud para la agricultura, se gestionarán igual que en el caso anterior, en función de la vegetación que ellas aparezca, dado que tal y como se especificó al comenzar este apartado, el uso forestal prima ante todos los demás.



Queda añadir que la abundante presencia de chaparral en el distrito, hace suponer que se trata de una zona muy atacada por los incendios, ya que según Rzedowski (1978), este tipo de formación aparece fundamentalmente como primeros colonizadores tras un fuego. Al preguntar a la población local sobre esto, corroboraron esta suposición.

Por tanto, se propone también la instauración de un plan de vigilancia de incendios. En un principio, no se considera apropiada la implementación de cortafuegos, dado que el riesgo de erosión que supondría podría superar el riesgo de incendio. Una solución, es la implantación de torretas, puestos de vigilancia o tomas de agua, para ser capaces de aplicar una respuesta rápida y contundente en caso de incendio.

El resultado final obtenido y la distribución en el espacio de esta propuesta se puede observar en la figura 4.31.

Finalmente casi un 57 % de la superficie forestal, queda destinada puramente a la conservación, mientras que el 43 % restante es aprovechable (ver tabla 5.3). Sin embargo, la distribución de estas zonas en el distrito es muy irregular, quedando toda la parte oeste como zona de conservación y la parte este como aprovechable (ver figura 4.31).

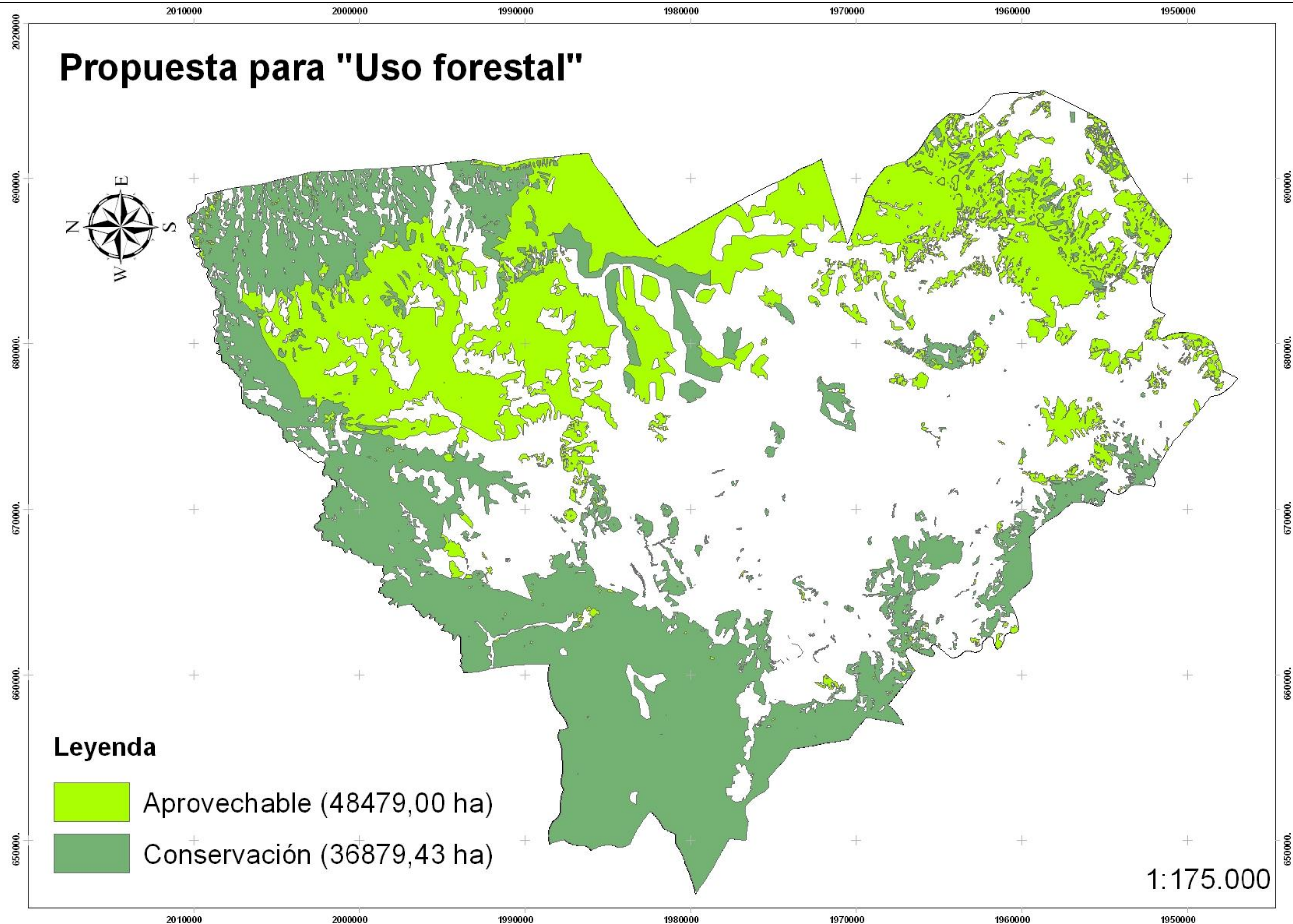


Fig 5. 1: Propuesta para el "Uso forestal"
(M^a Jesús Serra, 2010)



5.2 USO AGRÍCOLA

Actualmente en Coixtlahuaca existen 16663,36 ha dedicadas al uso agrícola, es decir, casi un 10 % de la superficie total del distrito. De ellas, únicamente 7716,83 (aproximadamente el 46 % de la superficie agrícola actual) están catalogadas como “Aptas” o “Muy aptas” para el uso agrícola. El resto, prácticamente en su totalidad, pertenece a la clase “No apto”, a excepción de 294 ha clasificadas como “Poco aptas”. (ver tabla 5.4)

Aptitud	Superficie (ha)	% Sup agrícola	% Sup total
Apta o Muy apta	7716,83	46,31	4,57
Poco apta	294,20	1,77	0,17
No apta	8652,33	51,92	5,12
TOTAL	16663,36	100,00	9,87

Tabla 5. 4: Distribución del uso agrícola actual por clases de aptitud

El hecho de que un área haya obtenido la categoría de “No apta” implica que por diferentes motivos, cultivar en las zonas clasificadas como tal, supone una fuerte presión sobre el medio ambiente probablemente debida al riesgo de erosión o condiciones edáfico-climáticas tan malas que aseguran una producción agrícola muy baja o nula.

Por tanto, en principio, parece necesario reconducir paulatinamente todas aquellas áreas clasificadas como “No aptas” transformándolas poco a poco a otros usos.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que en Coixtlahuaca, la mayor parte de la agricultura es de subsistencia, es decir, se trata una componente principal en la economía de las familias que habitan la zona de estudio, por lo que no es socialmente viable transformar el 54 % de las tierras agrícolas catalogadas como “No aptas” a otros usos sin tomar ninguna medida compensatoria.

A través del mapa de usos potenciales (figura 4.30) y de la tabla 5.5, se puede observar que en Coixtlahuaca actualmente aparecen 15871,24 ha calificadas como “Aptas” o “Muy aptas”. De ellas, casi un 50 % (las 7716,83 ha descritas



con anterioridad) están actualmente destinadas a la agricultura. El resto de la superficie, está ocupada bien por pastos (37,79 %) o bien por el uso forestal (11,13 %).

	Superficie (ha)	% de la clase	% sup total
Forestal	1766,96	11,13	1,05
Agrícola	7716,83	48,62	4,57
Pasto	5997,83	37,79	3,55
Urb y agua	389,63	2,45	0,23
Total	15871,24	100,00	9,40

Tabla 5. 5: Distribución de las clases de aptitud “Apta” y “Muy apta” según los usos actuales

Como se puede deducir fácilmente, aquellas superficies agrícolas que hayan obtenido la calificación de “Apto” o “Muy apto” para el uso agrícola, se van a mantener, dado que las prácticas que se están realizando no provocan la degradación del medio y proporcionan un medio de vida a la población local. Sin embargo, hay que recordar que esta superficie supone únicamente un 46 % de las tierras que actualmente se están cultivando, luego, en el caso de dejar de cultivar las zonas no aptas, esta superficie es insuficiente siendo preciso seleccionar más terrenos dedicados a este fin.

Como criterio principal, teniendo en cuenta el alto estado de degradación de los recursos naturales en Coixtlahuaca y como ya se estableció durante la propuesta del uso forestal, se va a primar dicho uso sobre todos los demás. Esto se traduce en que independientemente de la vocación agrícola o no que tenga un terreno, si el uso actual es forestal, se va a mantener. Por tanto, el 11,41 % de la superficie declarada como “Apta” o “Muy apta” para el uso agrícola, 1766,96 ha, quedan descartadas para este fin, conservándose por tanto el uso forestal.

Respecto al 38,74 % restante correspondiente al “Matorral – Pastizal”, no hay ningún motivo que restrinja el cambio de uso a agrícola. La solución planteada supone una transformación de éstas áreas al uso agrícola, de forma, que se paliaría en parte la gran reducción que supone eliminar todas las zonas



agrícolas catalogadas como “No aptas”. Si se hace de esta manera, en lugar de una reducción del 54 % de las tierras agrícolas, supondría únicamente el 17 %.

Para que esta solución sea viable, es necesario que estas superficies, se solapen en el espacio con los antiguos cultivos, es decir, que las nuevas áreas agrícolas, se sitúen próximas a las anteriores, o en caso de no ser posible, al menos cerca de las poblaciones que las van a cultivar.

En la figura 5.2 se puede observar como en la parte central del distrito, donde se concentran la mayoría de los asentamientos humanos, se compensan las zonas que deben dejar de ser cultivadas (color rojo) evolucionando hacia otros usos, con las nuevas zonas que se pueden cultivar (color amarillo). Esto se suma, a que es aquí donde se concentran la mayor parte de casos en los que el uso agrícola, presenta una aptitud “Apta” o “Muy apta” y por tanto no se modifica el uso (color verde).

Sin embargo, en el caso de Santa Catarina Ocotlán, agencia situada en la esquina sureste del distrito, prácticamente la totalidad de la superficie destinada actualmente a la agricultura está catalogada como “No apto”. En este caso, no hay pastos cercanos cuya aptitud permita la transformación a zonas agrícolas.

Santa Catarina Ocotlán, se trata de una aldea de pequeño tamaño, donde la base de la economía de prácticamente todas las familias está basada en el ganado caprino y en la agricultura. Por otro lado, las vías de comunicación a esta agencia son escasas y se encuentran en malas condiciones, lo que imposibilita a los agricultores la posibilidad de desplazarse para cultivar. Teniendo en cuenta que en este caso no se puede recomendar dejar de cultivar las áreas clasificadas como “No aptas”, se debe tender hacia técnicas de cultivo diferentes, para los que se debe realizar una nueva propuesta de uso.

En esta zona, la mayor restricción existente, por la que se han descartado la mayor parte de las áreas, es el fuerte riesgo de erosión propiciado por las fuertes pendientes. A falta de mejores terrenos destinados para la agricultura y tratándose éste de un uso imprescindible, se propone la implantación de



sistemas agroforestales, donde se combine la conservación del suelo a través de árboles con la producción agrícola. Se trata de una forma de solventar a la vez la necesidad de la población local de practicar la agricultura a la par que se obtiene cierta garantía de conservación del suelo. En el *apartado 5.2.1 Sistemas agroforestales* se expone una breve reseña sobre este tipo de sistemas.

Otra opción planteable, aunque menos aconsejable desde el punto de vista ambiental, es la realización de terrazas. Sin embargo, esta técnica, se ha realizado ya en otras zonas del distrito y los resultados no son muy alentadores.

Una vez se han seleccionado aquellas áreas en las que se va a practicar la agricultura, siguiendo los criterios especificados en los párrafos anteriores, queda comprobar cuál es el cultivo óptimo para cada zona a partir de los modelos desarrollados en el *capítulo 4 Modelos de evaluación de tierras*. De esta forma, todas las zonas agrícolas quedan destinadas bien al cultivo del maíz, bien al cultivo del trigo o, en el caso de Santa Catarina Ocotlán (esquina sureste del distrito), a nuevas técnicas agrícolas, los sistemas agroforestales. El resultado final se puede observar en la figura 5.3 mientras que la tabla 5.6 muestra la distribución porcentual de la nueva propuesta de uso agrícola.

	Sup (ha)	%de Sup agrícola	% Sup total
Agrícola para maíz	2235,99	14,43	1,32
Agrícola para trigo	11286,10	72,82	6,68
Sistemas agroforestales	1976,50	12,75	1,17
TOTAL	15498,59	100,00	9,18

Tabla 5. 6: Distribución porcentual de la propuesta de "Uso agrícola"

Como se puede comprobar la tabla 5.6 la mayor parte de la superficie destinada al cultivo, casi el 73 %, debe destinarse al trigo, dado que las condiciones presentes en el distrito, protagonizadas por suelos someros y aridez, son más adecuadas para éste cultivo, más frugal que el maíz.

Sin embargo, un 14,5 % de la superficie, presenta más aptitud para el cultivo



de maíz. Estas zonas son aquellas donde se concentra mayor humedad, dado el régimen de precipitaciones y la textura del suelo, sumado a una mayor profundidad en los perfiles.

La mayor parte de la actividad agrícola se sitúa en el centro del distrito, coincidiendo con la zona llana y con los cauces de los ríos principales. (ver figura 5.3)

Finalmente destacar, que a pesar de los cambios desarrollados, mientras que en un principio, un 9,45 % de la superficie estaba destinada a la agricultura, esta propuesta plantea un 9,18 %, es decir una reducción del 0,27 %. En Coixtlahuaca actualmente, dado el grave problema de emigración narrado en el *apartado 3.4 Informe de valoración social, entrevistas* no se requiere la implantación de nuevas tierras de cultivo, ya que de hecho, algunas en la actualidad se encuentran abandonadas. Por ello, esta pequeña reducción de la superficie agrícola, se considera adecuada.

5.2.1 Sistemas agroforestales

Teniendo en cuenta la posible importancia de esta opción en el distrito de Coixtlahuaca, se expone a continuación una introducción a este tipo de técnicas de donde se extrae que sus características se adaptan perfectamente al escenario que presentan algunas áreas del distrito de Coixtlahuaca.

La agricultura en laderas, especialmente en zonas tropicales, continúa siendo un reto que frustra a los agricultores, los científicos, los agentes de desarrollo y a quienes formulan las políticas. A causa de la intrínseca fragilidad de las laderas, algunos piensan que nunca deben ser cultivadas (Buckles et al. 1999). Eso es cierto. Sin embargo, cuando la alternativa al no cultivo de esas tierras es el hambre, hay que procurar buscar una solución de la mejor forma posible: sostenible y con criterio.

El suelo de las laderas empinadas se erosiona fácilmente después del cultivo y esto amenaza la productividad futura de la tierra pudiendo provocar una degradación irreversible en el sistema. La topografía accidentada, la infraestructura deficiente y el aislamiento geográfico vienen acompañados frecuentemente de la marginación política y social. En estas condiciones tan



difíciles, los pueblos que habitan en las laderas no tienen otra opción más que continuar los cultivos para intentar satisfacer sus necesidades alimentarias, o trasladarse a las zonas urbanas (Buckles et al. 1999).

Por todo ello, para luchar contra esta situación tan precaria es imprescindible buscar formas de cultivo que permitan garantizar cierta estabilidad y equilibrio entre producción y conservación. Esto puede conseguirse a través de los sistemas agroforestales.

Los sistemas agroforestales son una alternativa para la protección y conservación de estas zonas, siempre y cuando los productores adopten prácticas de manejo para evitar que el suelo permanezca descubierto, principalmente en los sistemas donde ha existido un cambio de uso del suelo (FAO, 2004)

Aunque los sistemas agroforestales no son soluciones “milagrosas”, el progreso hacia un desarrollo equitativo y sostenible depende de las prácticas eficientes de cultivo en las laderas. La agricultura es casi imposible en esas tierras si el recurso del suelo está degradado o se ha perdido a causa de la erosión. Muchas experiencias fructíferas con la explotación a largo plazo de las tierras en laderas han continuado por siglos o, incluso, milenios (Siebert y Lassoie 1991)

Históricamente, los usuarios de la tierra (campesinos, pequeños productores) han percibido una incompatibilidad entre el componente forestal, árbol o bosque y el uso agropecuario. Para ellos los árboles han representado un competidor creyendo que las especies forestales reducirán o reemplazarán los cultivos agrícolas. Cambiar esa percepción puede ser un proceso lento y difícil, ya que el uso tradicional de la tierra y el manejo de los recursos naturales a menudo están firmemente establecidos y socialmente aceptados en las comunidades locales, lo cual requerirá un largo proceso de educación y convencimiento con métodos demostrativos y un trabajo participativo de las comunidades. (Sotomayor y Vargas 1989)

Si bien se ha detectado cierto antagonismo entre los agricultores en cuanto al uso forestal y el agropecuario también se ha detectado que en muchas partes



del mundo han existido técnicas ancestrales de uso y manejo de los suelos que han combinado producción forestal y cultivos agrícolas o producción animal, las cuales han sido usadas satisfactoriamente para suplir múltiples necesidades. Estos sistemas de usos combinados se han denominado sistemas agroforestales.

Los sistemas agroforestales son sistemas y tecnologías de usos de suelo en los cuales las especies leñosas perennes se utilizan deliberadamente en el mismo sistema de manejo con cultivos agrícolas y/ o producción animal en alguna forma de arreglo espacial o secuencia temporal (Nair, 1993). Los sistemas agroforestales pretenden diversificar la producción, generando bienes y servicios que satisfagan las necesidades básicas de los productores y proveyendo beneficios socioeconómicos y ecológicos (Nair, 1989; Nair, 1997).

Dentro de los sistemas agroforestales la integración de árboles y cultivos resultan en interacciones positivas y negativas (Basavaraju y Gurujaja, 2000). El mejoramiento y mantenimiento de microclimas o mejoramiento en la productividad del suelo son las mayores interacciones positivas. Otros factores positivos son la eficiencia en la utilización de la luz solar, supresión de malezas, reducción de la velocidad del viento para el cultivo y conservación de la humedad del suelo por medio de la materia orgánica (Young, 1987).

La competencia por la luz (Jiménez, 1998), agua, espacio, nutrientes (Ong et al., 1992), así como los cambios ocasionados por la temperatura, vientos y humedad, son los mayores efectos negativos en los sistemas agroforestales. El balance entre las interacciones negativas y positivas depende de las especies sembradas, su arreglo espacial, su densidad y manejo (Basavaraju y Gurujaja, 2000; Jiménez y Muschler, 2001).

La incorporación de sistemas agroforestales en las actividades productivas es una alternativa importante desde el punto de vista de la rentabilidad y de la conservación de los recursos naturales (ICRAF, et al., 1999). Por ejemplo, pequeños productores han comenzado a recuperar praderas degradadas en muchos lugares de Filipinas, a través de la incorporación de árboles maderables en sus sistemas de cultivo (Bertomeu, 2004)



Los sistemas agroforestales nos permiten diversificar los beneficios mediante el uso racional de los recursos forestales y el uso eficiente del espacio. Con los sistemas agroforestales se contribuye a frenar la presión sobre los bosques generada por actividades agrícolas no sostenibles, dando uso a áreas en descanso para instalar sistemas de producción más eficientes y rentables (López y Revilla, 2005)

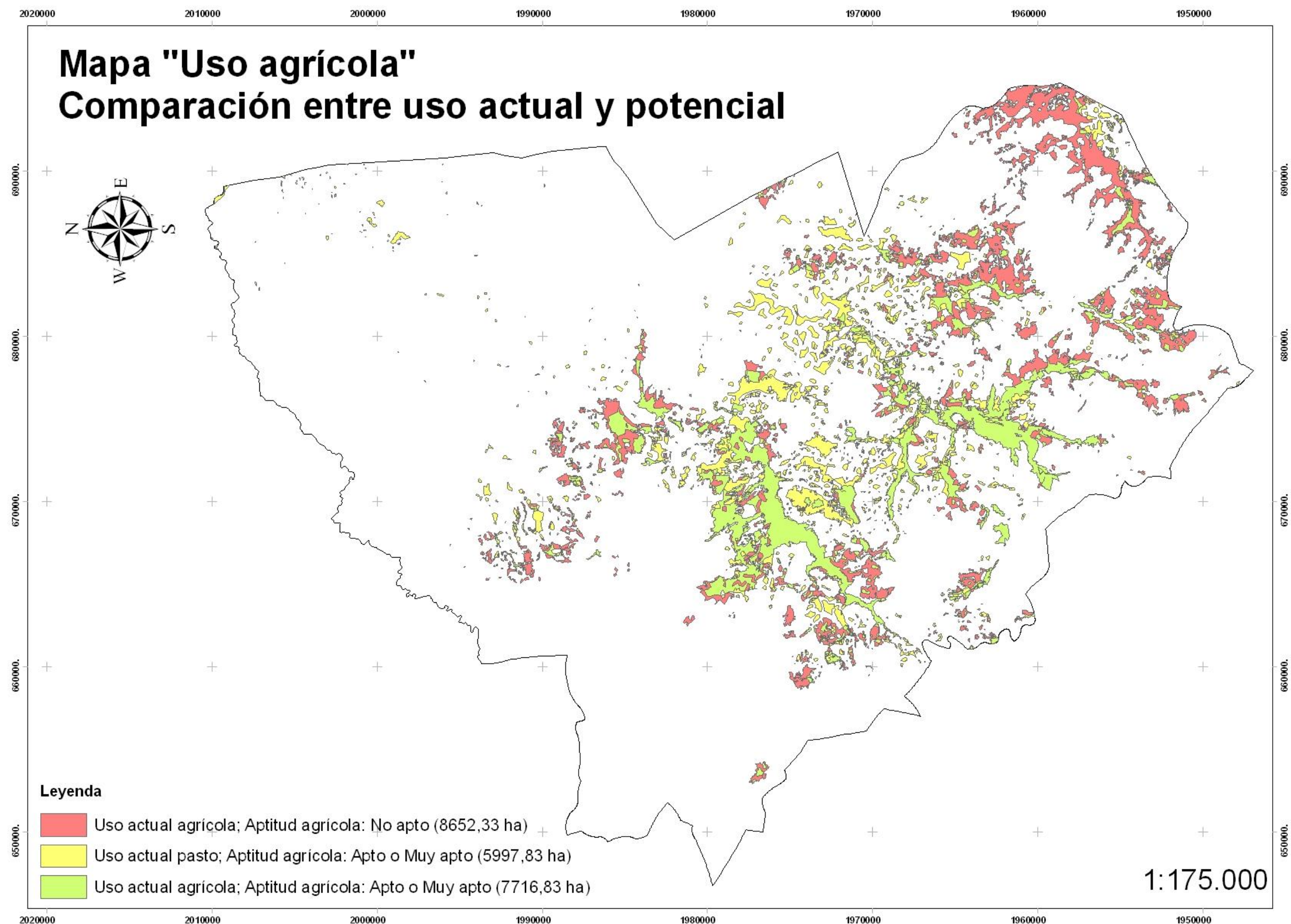


Fig 5. 2: Comparación entre Uso del suelo actual y potencial para el caso de "Uso agrícola"
(M^a Jesús Serra, 2010)

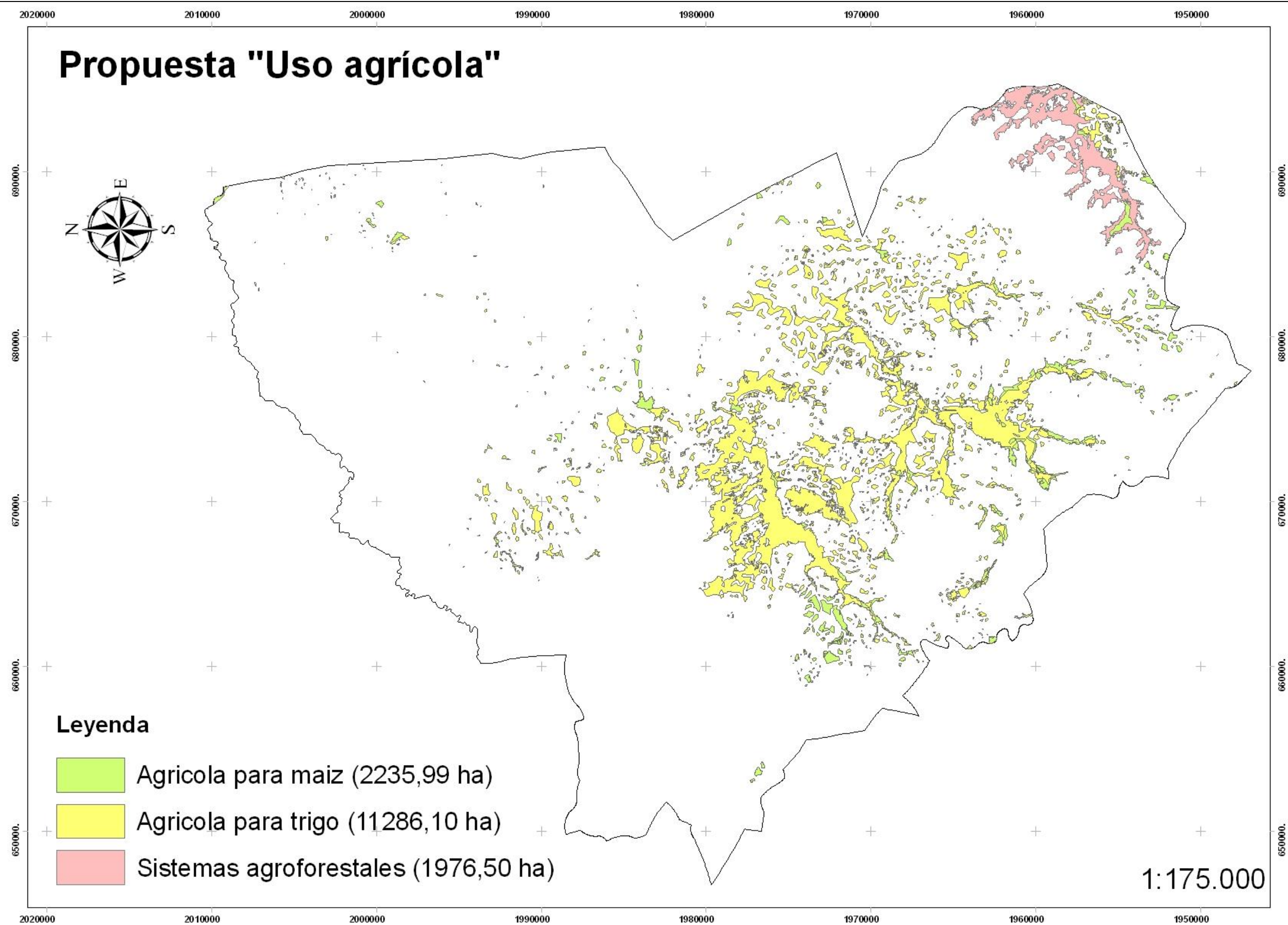


Fig 5. 3: Propuesta para el "Uso agrícola"
(M^a Jesús Serra, 2010)



5.3 USO “MATORRAL-PASTIZAL”

El uso “Matorral – Pastizal” actualmente supone un 28 % del distrito de Coixtlahuaca ocupando una superficie de 47859,78 ha. Sin embargo, esta superficie, se reduce en 5998 ha debido a aquellas áreas clasificadas como “Aptas” o “Muy aptas” para la agricultura, para las que se recomendó su transformación en cultivos agrícolas, al ser necesario destinar mayor superficie a dicho fin.

Por otro lado, la vocación de las tierras agrícolas que deben dejar de cultivarse al tratarse de zonas “No aptas” y donde no se han propuesto los sistemas agroforestales, será en un principio y, siempre bajo un tratamiento especial, la de evolucionar hacia pastizales. En este caso se encuentran 6675,83 ha, que pasarán por tanto a engrosar la superficie destinada a pastos. La representación gráfica de estas superficies con su situación sobre el mapa se puede observar en la figura 5.4.

El uso “Matorral-pastizal”, tal y como se detalló en el *apartado 3.3 Proceso de elaboración del mapa de vegetación y usos del suelo*, es el más heterogéneo. En él se engloban desde zonas cubiertas por pasto de poca calidad y envergadura próximas a degradarse por completo, hasta zonas con vegetación arbustiva de cierta relevancia y pasto recubriendo la totalidad del suelo. El objetivo fundamental que se persigue en los pastos, es dirigirlos hacia este último tipo de terrenos, que garantizan que su evolución queda alejada de la degradación.

La prioridad es atender aquellas tierras que actualmente están siendo cultivadas, pero que deben dejar de serlo. Estos terrenos son ahora víctimas fáciles de la erosión, dado al haber sido recientemente arados, las partículas que constituyen el suelo han perdido cohesividad y requieren actuación urgente para evitar ser erosionadas. Al tratarse de nuevo de una superficie de gran envergadura e imposible de proteger a la vez, se precisa hacer el cambio de uso de manera paulatina, comenzando por aquellas áreas que presentan mayor pendiente y por tanto mayor riesgo de erosión.

En la propuesta de uso se han seleccionado aquellas áreas con pendiente



mayor del 25 %, actualmente cultivadas y clasificadas como “No aptas”, lo que supone una superficie de 1492,34 ha. No se propone una superficie mayor porque se considera inviable económicamente teniendo en cuenta la gran superficie que se va a requerir reforestar durante la gestión de zonas erosionadas en el siguiente apartado.

Como especies empleadas en la revegetación de estas zonas, se propone la utilización de vegetación arbustiva compuesta por diferentes especies de leguminosas, que además de colaborar en la sujeción del suelo, fijan nitrógeno atmosférico mejorando las condiciones edáficas para un mejor desarrollo del pasto. Por otro lado, gran cantidad de especies de esta familia, de hecho presentes en el matorral espinoso, son autóctonas de la región luego no presentarán problemas en su desarrollo.

Junto con las leguminosas, se propone la plantación de ágaves, de los cuales se extrae el pulque o el mezcal, bebida alcohólica muy codiciada por la población local. Existen también distintas especies de ágave autóctonas con la consiguiente ventaja del éxito asegurado.

Todos aquellos pastizales que se encuentran formando claros rodeados de zonas forestales, se dejarán, sin realizar en ellos ninguna actuación ya que aportan variedad al paisaje

Con el objeto de crear diferentes ecotonos y variabilidad en el paisaje se recomienda hacer pequeñas reforestaciones en manchas en los pastos. De esta forma, se completa la matriz del centro del distrito incluyendo entre los cultivos, los pastos y las zonas erosionadas, superficies forestales. Sin embargo, el área que se ha propuesto para este fin, es de nuevo pequeña, dada la prioridad de la reforestación en las zonas degradadas.

Paralelamente, en aquellas zonas de pasto, donde aparecen manchas de cultivo homogéneamente distribuidas, se recomienda intentar que dicho pasto evolucione hacia sistemas agrosilvopastorales como las dehesas. Para este objetivo, se pueden emplear distintas especies de *Quercus* cuyo fruto posteriormente podrá servir para alimentar al ganado. Este hecho se ha propuesto para una amplia superficie en la zona este del distrito, ya que en esa



superficie, aparecen frecuentemente pequeños manchones de cultivo, rodeados de pasto.

Las superficies de actuación, así como las que deben dejarse tal y como están, con su distribución se pueden observar en la figura 5.5.

En la tabla 5.7, se pueden observar las superficies destinadas para cada tipo de actuación y su porcentaje con relación al total de los pastos y al total de la superficie de Coixtlahuaca. Tal y como se puede apreciar en esta tabla, en un 80 % de la superficie de los pastos, la recomendación es no actuar.

	Superficie(ha)	% pastos	% sup total
Adehesar	2111,19	4,26	1,25
No actuar	40739,56	82,12	23,59
Nuevos pastos	5183,49	10,45	3,61
Reforestar	81,79	0,16	0,05
Revegetar con ágaves y leguminosas	1492,34	3,01	0,88
TOTAL	49608,37	100,00	29,38

Tabla 5. 7: Distribución porcentual de la propuesta para el uso "Matorral-Pastizal"

Por último, destacar que a lo largo de la historia, del distrito de Coixtlahuaca el ganado protagonista ha sido el fundamentalmente el caprino, gran colaborador con mucha probabilidad de los problemas de erosión actuales. En algunos casos aislados, aparecía el ganado ovino y prácticamente nunca el bobino.

Sin embargo la tendencia actual en Coixtlahuaca es la sustitución del ganado caprino por ganado ovino, tendencia de hecho, subvencionada por el gobierno. Tal y como se describió anteriormente, el ganado caprino, debido a su avidez por la vegetación leñosa, ha supuesto durante la historia de Coixtlahuaca una fuerte presión sobre los recursos, especialmente los forestales.

Por otro lado, desde el punto de vista social, en los últimos años, cada vez es menor la cantidad de pastores jóvenes que se incorporan a esa profesión, de



manera que actualmente un gran número de personas de entre 40-60 años, conforman el grupo predominante de pastores. El ganado caprino, para pastorearse adecuadamente requiere nuevas y largas rutas cada día además de tener sus querencias en zonas escarpadas por lo que este trabajo además de resultar muy duro, no se realiza de manera apropiada empeorando aún más la presión sobre los recursos.

En conclusión, se debe reforzar esta tendencia de cambio a ganado ovino, intentando reducir al máximo el número de cabezas de ganado caprino. Esto no solo favorecerá al medio ambiente, sino que también mejorará la calidad de vida de los trabajadores, al ser menos dura la labor cotidiana.

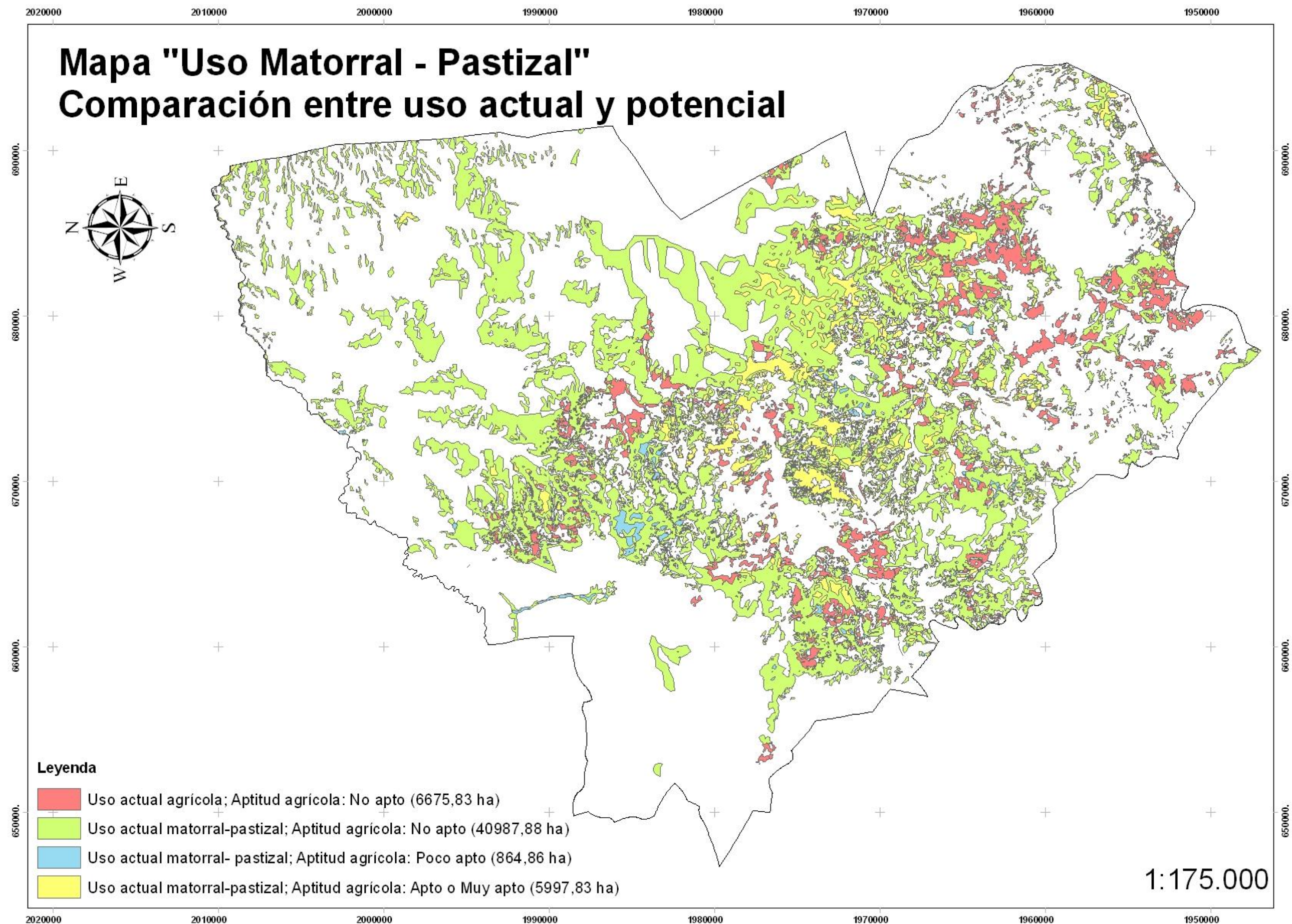


Fig 5. 4: Comparación entre el uso del suelo actual y potencial para el caso de "Uso Matorral-Pastizal"
(Mª Jesús Serra, 2010)

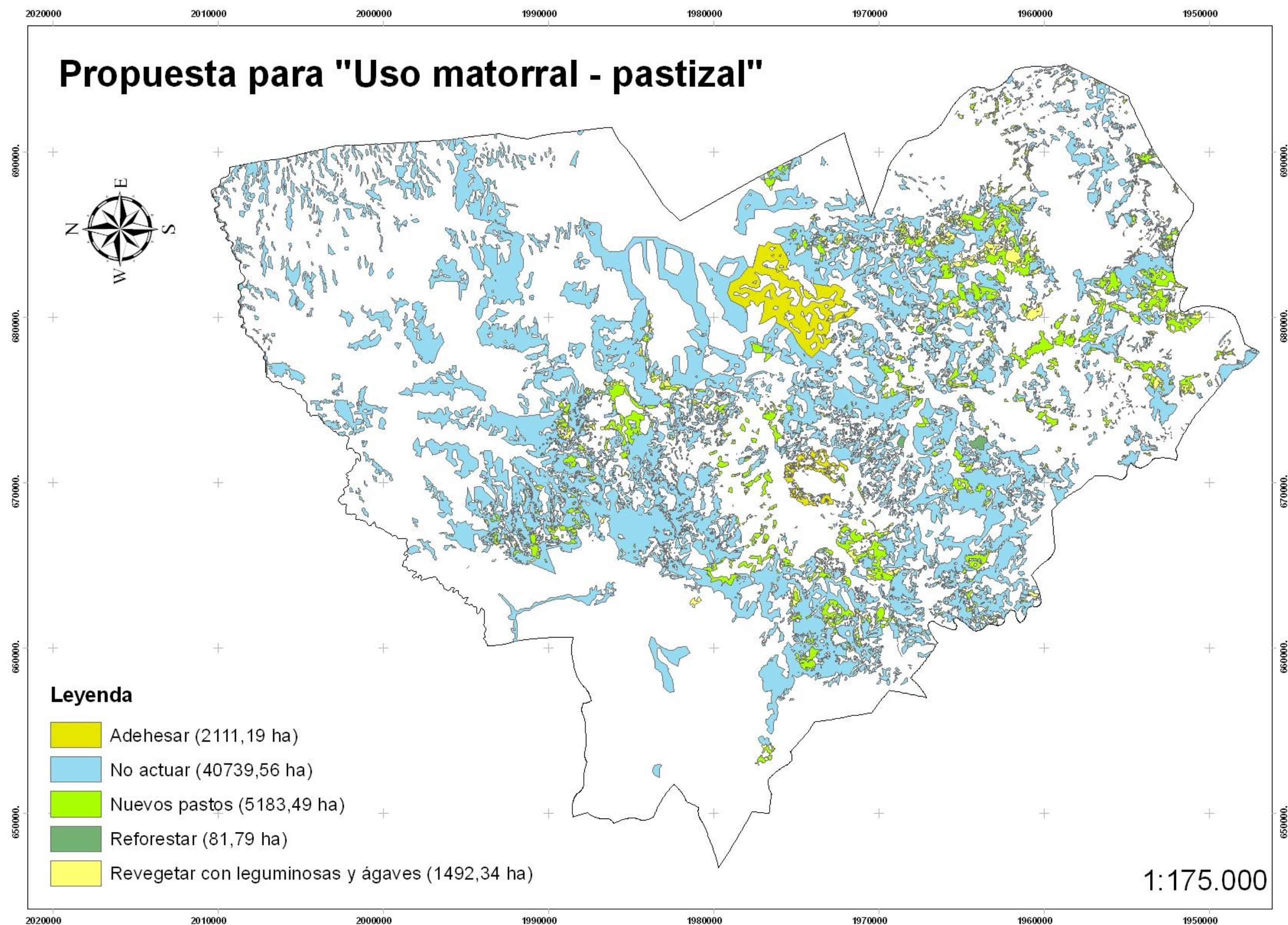


Fig 5. 5: Propuesta para el "Uso Matorral-Pastizal"
(M^a Jesús Serra, 2010)



5.4 ZONAS EROSIONADAS

En este apartado, se procede a analizar la superficie erosionada, que asciende a 18407,44 ha, casi un 11% de la superficie total lo que supone más área que la que en la actualidad se destina a la agricultura en el distrito.

La mayor parte de las zonas degradadas se localizan en la parte central de Coixtlahuaca, coincidiendo con el área más accesible y cercana a los núcleos urbanos. En las áreas periféricas, dominadas por el uso forestal, prácticamente no aparece ningún problema de erosión a pesar de que en general sus pendientes son fuertes.

Aunque la tendencia preferida sería el reforestar todo aquello degradado como medida para intentar paulatinamente recuperar el recurso suelo, dada la gran cantidad de superficie, se trata de una labor inviable. Debido a esto, se van a detallar una serie de criterios a seguir, para dotar de preferencia a unas zonas con respecto a otras y así ir reforestando conforme a la disponibilidad de medios. Hay que tener claro, que el objetivo final, dado que recuperar la totalidad de estas zonas es actualmente es imposible, es conseguir frenar su avance.

La zona central de Coixtlahuaca, se encuentra constituida principalmente por una matriz de pastizales, cultivos y zonas erosionadas. Al analizar la distribución de las pendientes en las zonas erosionadas, se puede observar que 6209,11 ha, más del 33% de la superficie erosionada, presenta una pendiente superior al 25 % (ver tabla 5.8). Esta fuerte pendiente, sumada a la falta de suelo en estas zonas, constituye unas condiciones pésimas, si no limitantes para el desarrollo de la vegetación, independientemente de su frugalidad.

Por tanto, teniendo en cuenta que la posibilidad de éxito en estos casos es mínima, la recomendación es dejar estas zonas tal y como están con una particularidad: en general, estas áreas de fuerte pendiente se encuentran imbuidas en otras áreas igualmente erosionadas pero más llanas. En estas zonas, se recomienda reforestar, dado que además de recuperarlas, pondrá freno al avance de la erosión. La reforestación, se hará en líneas creando



“barreras vivas” contra el avance de la erosión.

Puede resultar llamativo que mientras que en el caso de las reforestaciones, el criterio excluyente para su realización es la pendiente mayor de 25 %, en el caso de tierras agrícolas que deben dejar de ser cultivadas, este fue el criterio de selección. La justificación es sencilla, dado que en el último caso, de tierras agrícolas, aún se dispone del recurso suelo siendo preciso protegerlo con urgencia. En el caso de las áreas degradadas, se trata de zonas desnudas, donde se unen dos factores que comprometen el éxito de las reforestaciones: la falta de suelo y la fuerte pendiente.

En numerosas ocasiones es común que zonas cultivadas colinden con zonas erosionadas. De nuevo con el fin de proteger estas zonas agrícolas de la posibilidad de sufrir una pérdida de suelo con su consiguiente pérdida de funcionalidad, se recomienda de nuevo reforestaciones en línea que delimiten las parcelas. Una ventaja de este tipo de reforestaciones, es que no implican grandes superficies reforestadas, para lo que se requerirían muchos medios y, sin embargo, protegen amplias zonas además de aumentar en gran medida la riqueza faunística del lugar. Por último, al estar colocadas alrededor de zonas agrícolas, es una medida para mantener alejado al ganado de los cultivos.

Tal y como se ha descrito, la zona erosionada se presenta fundamentalmente en la parte central del distrito, donde además se localizan la mayoría de los núcleos urbanos. Teniendo en cuenta la deficiente infraestructura eléctrica actualmente disponible en el distrito y la poca pendiente que presentan algunas de estas áreas, se propone como opción ocuparlas en parte con tecnología fotovoltaica. Dada la importancia de esta posibilidad se va a dedicar un apartado al finalizar del actual describiendo las principales opciones y la idoneidad del sistema así como la posible potencia energética obtenida.

En definitiva, para este fin se dedican 700,55 ha, lo que supone un 3,8% de la superficie erosionada. También este criterio se empleará durante la selección de zonas a reforestar, dado que ante la posibilidad de que los árboles provoquen sombra sobre los paneles fotovoltaicos, se dejará una zona de separación entre éstos y cualquier reforestación planteada. (ver tabla 5.8)



El resultado obtenido tras aplicar estos criterios es el que se puede observar en la figura 5.13 y la distribución de superficies está desglosada en la tabla 5.8.

	Sup (ha)	%sup eros	%sup total
Fotovoltaico	700,55	3,81	0,41
No actuar	6209,11	33,73	3,68
Posible para actuar	10086,69	54,80	5,97
Prioritario	1411,09	7,67	0,84
TOTAL	18407,44	100,00	10,90

Tabla 5. 8: Distribución porcentual de la propuesta para zonas erosionadas

Se considera zona prioritaria, un 7,67 % de la superficie erosionada, situada en franjas que separan las zonas actualmente degradadas de aquellas en buen estado. Estas franjas se han empleado para proteger los cultivos agrícolas, dejando como segunda prioridad los pastos y por último las zonas forestales. El motivo es que los cultivos, constituyen el medio de vida de la población local, por lo que deben protegerse para garantizar su productividad. Por otro lado, las zonas arboladas, ya disponen de una cubierta vegetal que las protege frente al avance de la erosión.

Aunque sería oportuno reforestar un área mayor, se ha intentado ser realista con los medios disponibles. Al observar las reforestaciones que se han llevado a cabo durante los últimos años en todo el distrito, en pocas ocasiones se superan las 200-250 ha/año. Por tanto, se ha considerado oportuno plantear 1400 ha de reforestación prioritaria durante los primeros diez años, a lo que se sumará la superficie que cada municipio considere oportuna y el resto de actuaciones propuestas.

La mayor parte de las reforestaciones, se concentran en la parte sur del distrito. Esto se debe a que es donde aparecen mayor número de cultivos colindantes con zonas erosionadas y por otro lado áreas erosionadas de gran pendiente, rodeadas de zonas llanas o de pendiente suave también erosionadas.

En la parte central de distrito, se encuentran situados la mayor parte de los



paneles fotovoltaicos, dado que son las zonas más cercanas a los núcleos urbanos que cumplen con los requisitos de topografía necesarios. En los alrededores de los paneles, se han evitado las reforestaciones para evitar que al desarrollarse los árboles pudieran dar sombra a los sistemas reduciendo su rendimiento.

Las zonas donde se recomienda no actuar, son aquellas, que estando erosionadas, la pendiente es mayor del 25 % ya que se considera improbable que una reforestación llegue a buen término en estas situaciones. Estas áreas se encuentran distribuidas homogéneamente por todo el distrito y se ha tratado de rodearlas de zonas con prioridad para la reforestación intentando que la vegetación ejerza de “cercas vivas”.

5.4.1 Tecnología fotovoltaica

El tipo de actuaciones de índole medioambiental que se han ido describiendo hasta ahora con el objetivo de recuperar y proteger zonas erosionadas suponen una gran inversión de recursos tanto humanos como económicos a lo largo de periodos extensos de tiempo siempre unidos a una elevada incertidumbre en la consecución de sus objetivos dadas las condiciones tan extremas de la superficie a recuperar. Ante la imposibilidad de recuperar la totalidad de las áreas degradadas, es importante dotar a algunas de estas zonas de un uso funcional.

Así, se considera interesante, hacer un estudio de viabilidad para dedicar algunas de las zonas erosionadas a la generación eléctrica con recursos renovables. En concreto se propone dedicar parte de estos suelos a la generación fotovoltaica.

La idea de generar electricidad a través del aprovechamiento de los recursos naturales de la zona, surge a partir de lo observado durante las investigaciones en la zona de estudio. Actualmente, las zonas rurales de México, en las que se encuentra inscrito el distrito de Coixtlahuaca, carecen de un suministro eléctrico generalizado y de calidad. Esto fue corroborado por los propios habitantes y comprobado en campo en numerosas ocasiones. Esta carencia no solo afecta directamente a la población civil sino que la escasez de energía eléctrica



impide que su uso se pueda derivar al sector agrario y forestal, como por ejemplo al bombeo de agua. Ante la problemática global asociada al agotamiento de combustibles, el alza de precios de los mismos y los posibles daños medioambientales de otras fuentes de energía la renovable aparece como la opción más respetuosa y adecuada a las necesidades de la región y del medioambiente. (“Energía Solar Fotovoltaica”; TEMA 1 Introducción a la Energía Solar Fotovoltaica. IMC Formación. 2008).

De entre los posibles recursos energéticos renovables que actualmente tuvieran una infraestructura industrial suficientemente desarrollada en México que permitieran, *a priori*, dar solidez a esta propuesta, se encontraron que, de entre todas las renovables, destacaban tanto la energía eólica como la solar fotovoltaica. (<http://blogsolar.wordpress.com/2009/01/05/energia-solar-en-mexico/>; <http://www.altonivel.com.mx/energia-eolica-en-mexico.html>)

Al realizar un análisis preliminar sobre la conveniencia de una u otra tecnología, se concluyó que la producción de energía renovable extraída del viento chocaba directamente con algunos de los objetivos del proyecto.

En primer lugar, la ubicación más apropiada para su instalación suele ser en zonas altas o en laderas siendo necesario construir pistas y realizar desmontes que inevitablemente provocan la destrucción de la vegetación natural con el consiguiente origen de nuevos problemas erosivos, (ver figura 5.6) (<http://valdeperrillos.com/blogs/forum-energ-tico/inconvenientes-energ-e-lica>).

Esto se suma, a que estas áreas suelen coincidir con las bien conservadas en el distrito, dada la tendencia de la población a explotar las zonas más llanas cercanas a los asentamientos humanos. También pueden ser causa de incendios al atraer los rayos de las tormentas, los cuales prenden fuego a su lubricante, (<http://valdeperrillos.com/blogs/forum-energ-tico/inconvenientes-energ-e-lica>), siendo también ésta otra posible causa de deforestación no natural a evitar.

Por otro lado, su posición y funcionamiento interrumpe las rutas de numerosas aves y causan un impacto paisajístico muy importante visible a gran distancia. Sumado a las fuertes inversiones que de las instalaciones para el aprovechamiento de este recurso, señalan la no-idoneidad de esta alternativa.



Fig 5. 6: Desmonte en cerro Atalaya. Cadrete. Zaragoza. Agosto 2008

<http://www.lygeum.es/?cat=26&paged=4>

Los sistemas fotovoltaicos por el contrario, precisan de una ubicación para la cual mucha superficie actualmente erosionada y degradada es perfectamente válida, no haciendo necesario, en un principio, la realización de ningún tipo de obra más allá de la instalación de los propios paneles.

El mayor inconveniente de estos sistemas es que implican grandes superficies de terreno, por cada kWh generado. Sin embargo sus múltiples opciones de ubicación reducen la importancia de este hecho siendo, incluso, un aspecto menor en este caso debido a la necesidad de dar un aprovechamiento útil a dichas extensiones de tierra. Estas zonas erosionadas, por otra parte, son irreversibles ya que desde el punto de vista económico no es viable reforestar las más de 18000 ha catalogadas como tal.

La energía solar fotovoltaica puede definirse como energía renovable, no emisora de gases de efecto invernadero, de impacto ambiental próximo medio-bajo, no consumidora de agua y no generadora de residuos.

Emplea un recurso energético universal, de libre disposición e inagotable. Este hecho le diferencia del resto de recursos convencionales cuya concentración



geográfica es fuente de fuertes problemáticas a nivel mundial. Además, el hecho de que la transformación fotovoltaica sea no consumidora de agua es un punto clave en el caso de Coixtlahuaca donde el agua es un bien muy escaso.

El hecho de que sea modular permite un amplio rango de potencias, apta para una gran variedad de aplicaciones y lugares, incluidas zonas de difícil acceso y escasa concentración de población, permitiendo modificar en cualquier momento la potencia instalada. Por último, los equipos fotovoltaicos tienen unos tiempos de vida largos (25 - 40 años) y no requieren de ningún suministro de combustible.

A partir de las primeras experiencias de electrificación en zonas rurales de países industrializados, durante la década de los 70 del siglo pasado, se perciben las grandes posibilidades de la tecnología fotovoltaica para la electrificación y el bombeo de agua en áreas de población dispersa en países en desarrollo.

De entre las aplicaciones fotovoltaicas que mejor se ajustan a las necesidades de la región de Coixtlahuaca destacan las huertas solares de entre las aplicaciones conectadas a la red y de entre las no conectadas, tanto la electrificación rural como las aplicaciones agrícolas y ganaderas (bombeo de agua, riego por goteo, bebederos, iluminación y control de invernaderos, etc.) (ver figura 5.7)

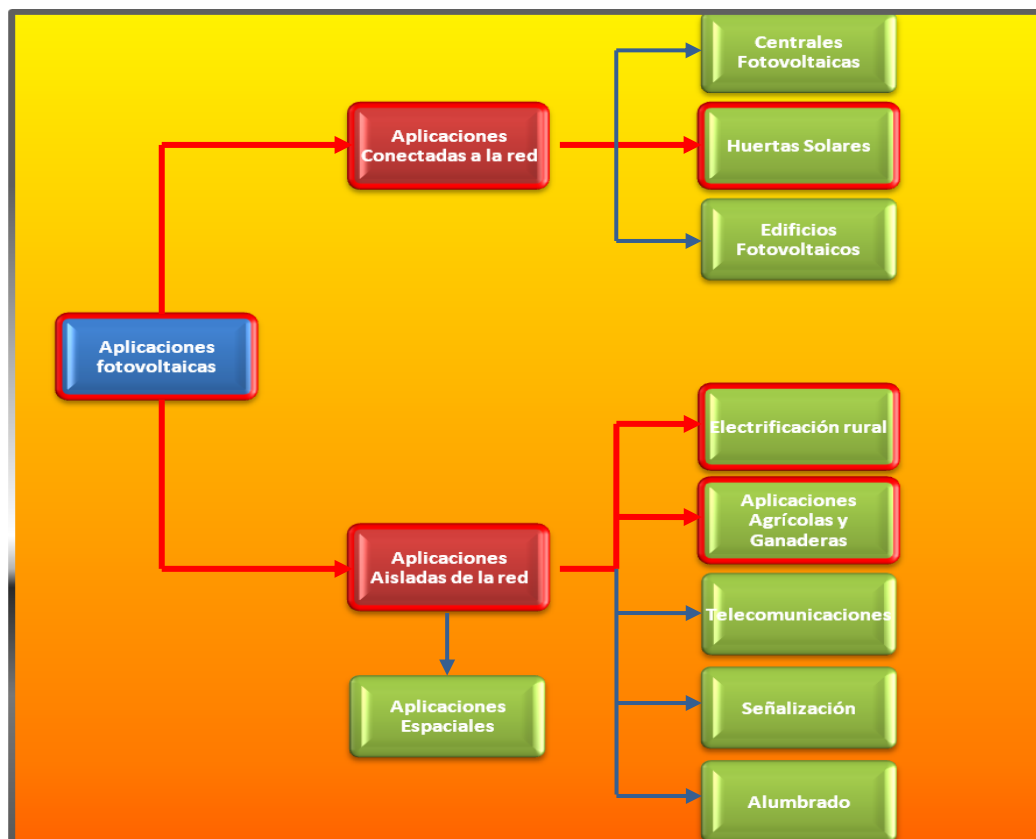


Fig 5. 7: Cuadro esquemático de la energía solar fotovoltaica

<http://www.heliostar.com/heliostar/aplicaciones/fotovoltaica/fotovoltaica.htm>

1. Aplicaciones aisladas de la red

Las aplicaciones aisladas de la red son instalaciones autónomas donde la generación eléctrica se dedica al propio autoconsumo del lugar. Se necesitaría un sistema de almacenamiento que recoja la energía eléctrica generada en los momentos de incidencia de radiación, para su uso posterior en momentos de baja o nula radiación solar.

En los países en desarrollo como México existen amplias zonas donde no se ha extendido la red eléctrica, por motivos de falta rentabilidad y, en general, de falta de desarrollo en todos los campos. La tecnología fotovoltaica permite un suministro eléctrico fiable en estos lugares, mediante sistemas de pequeña potencia, de fácil instalación y un mantenimiento sencillo con la ventaja clave de no requerir reposición de combustible.

La utilización de pequeñas instalaciones fotovoltaicas para la electrificación de zonas rurales de países en desarrollo es una práctica muy extendida desde

hace más de 30 años. Se emplea en zonas con una población dispersa, residente en pequeñas comunidades alejadas unas de otras y, en general, con consumos energéticos bajos, para iluminación, radio o T.V. Es en este tipo de lugares, en zonas con radiación solar adecuada, donde la tecnología fotovoltaica presenta las mejores ventajas frente a otras. Esta descripción encaja perfectamente con la situación actual del distrito de Coixtlahuaca.

Existen más de 3 millones de viviendas en el mundo alimentadas con sistemas fotovoltaicos como única fuente eléctrica, (ver figura 5.8). Además del suministro eléctrico a viviendas, se podrían instalar sistemas algo mayores para la electrificación de escuelas, locales comunitarios, centros de salud, iglesias, etc.



Fig 5. 8: Sistema fotovoltaico con suministro a 40 viviendas, la escuela y la iglesia de la comunidad El Higueral, El Salvador

En el caso de comunidades de tamaño medio puede resultar aconsejable la instalación de una minicentral fotovoltaica en lugar de múltiples sistemas individuales en cada vivienda o local. Así se agrupa la generación y el almacenamiento con un mantenimiento y gestión centralizados, (ver figura 5.9)



Fig 5. 9: Minicentral fotovoltaica aislada en Marruecos, con apoyo de Diesel

Este tipo de instalaciones, comúnmente acompañadas de un generador diesel como sistema de apoyo, está teniendo un desarrollo importante en los últimos años en zonas rurales de diversas áreas del mundo, como China o Marruecos.

Junto con la electrificación rural para iluminación, radio, TV, etc., la otra gran aplicación fotovoltaica aislada es el bombeo de agua para consumo humano o también para riego y para ganado. De hecho en México existe ya un programa, el Proyecto Estratégico de Tecnificación del Riego 2010-FIRCO, de bombeo de agua para el sector agropecuario en el que se incluye el posible uso de dicha tecnología.

Su principal ventaja es la ausencia de baterías, ya que la acumulación se realiza como energía potencial, con agua en altura bombeada durante las horas con mayor radiación solar (ver figura 5.10).

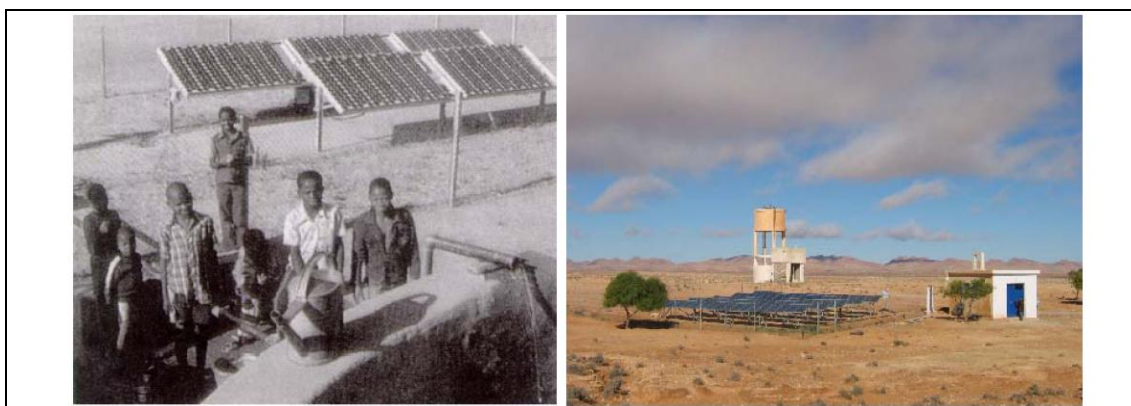


Fig 5. 10; Sistema de bombeo fotovoltaico, Malí, años 70 (izquierda) y Túnez 2005 (derecha)

Son sistemas muy fiables y de fuerte implantación, en ocasiones sustitutivos de los sistemas alimentados por viejos, ruidosos y poco fiables generadores diesel, que necesitan aporte periódico de combustible y un mantenimiento importante, (ver figura 5.11)

Existen varios miles de sistemas de bombeo en el mundo, con experiencias interesantes en países del Magreb, como ejemplo significativo. Los rangos de aplicación varían entre los 500 y los 4.000 $m^4/día$ (*volumen diario x altura de bombeo*), con generadores fotovoltaicos entre 1 y 10 kWp y motobombas de corriente alterna. Para sistemas de menor tamaño, como podría ser el bombeo de agua para una vivienda individual, existen sistemas accionados directamente en corriente continua.

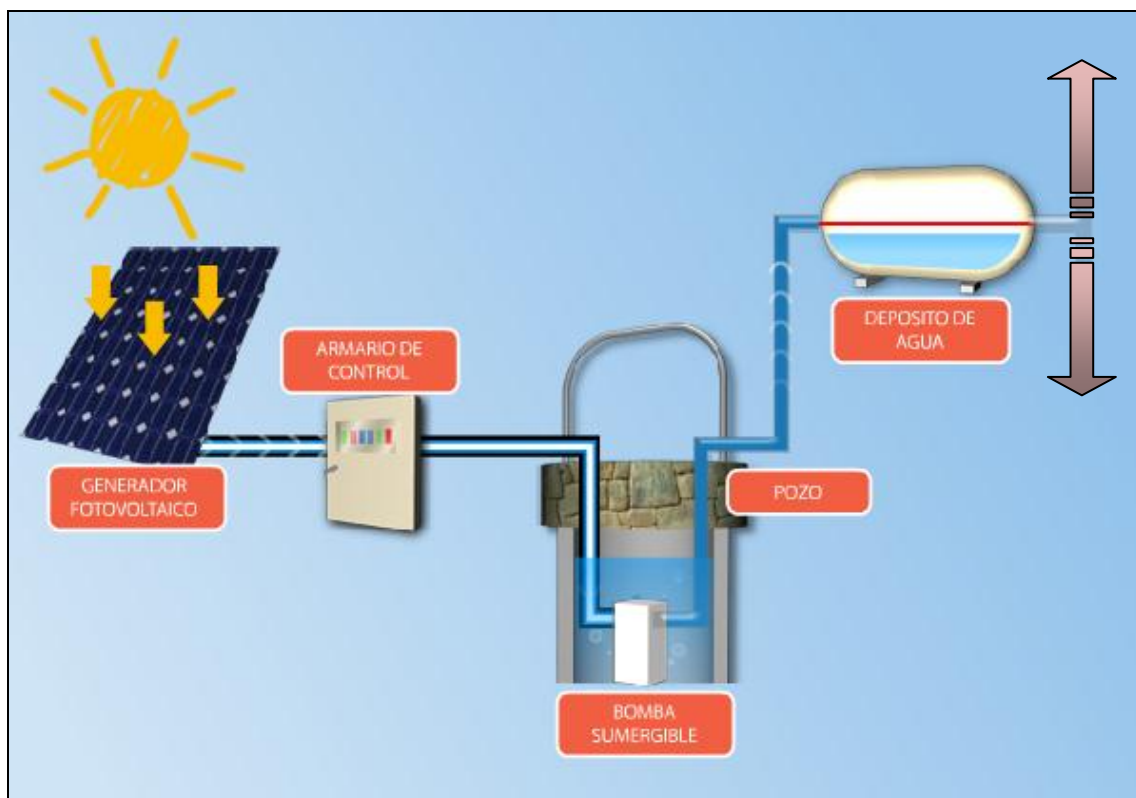


Fig 5. 11: Sistema fotovoltaico de abastecimiento de agua

(http://www.lageneraciondelsol.com/secciones/lomasbasico/conocelaenergia/fotovoltaica_usos.asp)

2. Aplicaciones en conexión a red

El otro gran grupo de aplicaciones fotovoltaicas está formado por las instalaciones conectadas a la red eléctrica, de desarrollo más reciente, pero de progresión espectacular en los últimos años. En ellas se genera electricidad durante las horas de sol (luz) y se inyecta directamente en la red, sin necesidad de almacenamiento e independientemente del consumo.

Las plantas fotovoltaicas en campo abierto se pueden instalar en cualquier terreno libre de sombras. La electricidad generada por la planta, después de ser acondicionada a valores adecuados (AC, tensión y frecuencia), se inyecta a la red eléctrica, siendo, hasta ahora, prioritario su enganche frente a otras tecnologías convencionales siempre que se cumplan las condiciones técnicas y de seguridad requeridas, (ver Figura 5.12).



Fig 5. 12: Planta fotovoltaica en campo abierto de 20 MW en Beneixama, Comunidad Valenciana

La gran capacidad de adaptación de esta tecnología de generación eléctrica a las necesidades de la región hacen de la producción eléctrica fotovoltaica una de las opciones más adecuadas para resolver sendos problemas de utilización de las zonas erosionadas erosión y deficiencia energética a la vez que se garantiza el interés de las autoridades locales que, de otra manera, podrían abandonar dichas zonas a su suerte, debido a lo difícil de su recuperación medioambiental mediante proyectos de reforestación con el consiguiente riesgo de avance de la erosión que esto supone.

En el Anexo VII se expone un estudio preliminar del potencial de producción de energía fotovoltaica dedicando la superficie de las zonas altamente erosionadas.

Para concluir, pese al gran coste de inversión en paneles fotovoltaicos, esta es una tecnología limpia y renovable que además recuperaría el coste inicial generando ganancias a partir de los 10 años, de una vida útil de unos 40 años o más ('Cambio Climático y Energías Alternativas', Universidad de Murcia. 2007). En los últimos seis años el costo de las celdas solares ha disminuido en un factor de diez. Además, para darse cuenta de lo apropiado de esta tecnología bastaría con comparar como en Europa se le da una importancia capital teniendo un potencial mucho menor que el mexicano (www.greenpeace.org.mx).

Por otra parte, están produciéndose grandes avances en la tecnología



fotovoltaica y ya existen paneles experimentales con rendimientos superiores al 40% (Cambio Climático y Energías Alternativas', Universidad de Murcia. 2007)

Hoy en día, la energía solar en México no contribuye significativamente a satisfacer las necesidades nacionales de energía. Por lo tanto, es una tecnología a explotar con un gran potencial, más aún, teniendo en cuenta que a día de hoy más del 20% de la población rural no tiene acceso a la energía eléctrica,

http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/119/htm/sec_6.htm)

De todo lo anterior se desprende que el uso de la energía solar podría contribuir de manera definitiva a eliminar la gran dependencia de México a otras tecnologías, de las cuales no es autosuficiente, y a favorecer la descentralización energética favoreciéndose así el desarrollo rural, social y energético de una de las zonas más castigadas medioambientalmente del país.

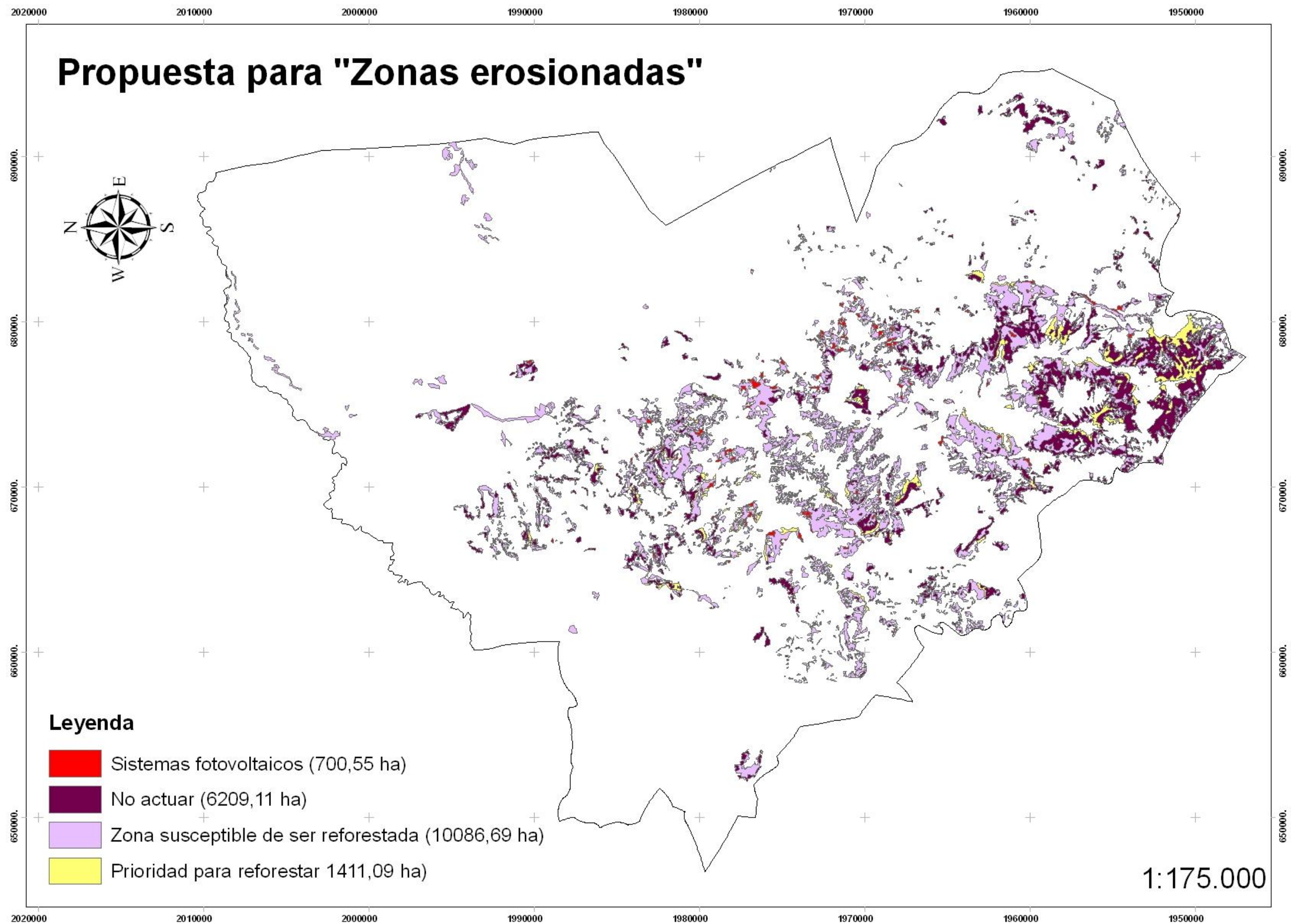


Fig 5. 13: Propuesta para "Zonas erosionadas"
(M^a Jesús Serra, 2010)



5.5 OTROS USOS PROPUESTOS

Por último y aunque no exista una superficie especialmente dedicada a este uso, es importante destacar la importante potencialidad turística que se presenta en el distrito de Coixtlahuaca.

Una parte importante del distrito de Coixtlahuaca, pertenece a la Reserva de la Biosfera presentando una riqueza florística espectacular. Las especies más destacadas aparecen en la zona noreste, en el municipio de Tepelmeme, formando parte de la vegetación xerófila.

Por otro lado, no se debe olvidar la gran cantidad de iglesias dominicas distribuidas a lo largo de todos los municipios del distrito, con gran valor histórico y en muy buen estado de conservación.

La importancia del turismo radica en que supondría una nueva fuente de ingresos, alejada de la explotación de los recursos naturales y por tanto, proporcionaría nuevas posibilidades económicas para muchas familias. Además, la gran carretera que recorre el distrito de norte a sur, ha mejorado indiscutiblemente la accesibilidad haciendo esta posibilidad mucho más viable.

5.6 RESUMEN DE LAS PROPUESTAS DE USOS Y ACTUACIONES

En conclusión y tras el análisis detallado en cada uso las conclusiones son las siguientes:

- El uso forestal prima sobre todos los usos de manera que independientemente de su aptitud agrícola o no, se mantiene este uso frente a todos los demás. Esto se debe a que dado el alto estado de degradación que presenta el distrito no se pueden exponer nuevas superficies a ser víctimas de la erosión.
- No se considera necesario aumentar la superficie actualmente dedicada a la agricultura, dado que aunque ésta se trate de la base de la economía familiar, en el distrito se pueden encontrar terrenos abandonados debido al intenso fenómeno de inmigración que está dándose en la región. Por tanto, la superficie agrícola se disminuye ligeramente en un 0,27 %.



- Para el uso agrícola, solo se emplean superficies cuya aptitud haya sido clasificada como “Apta” o “Muy apta” para este uso. Esto se cumple en todos los casos salvo para Santa Catarina Ocotlán, donde dada la necesidad de proporcionar algún terreno para el uso agrícola y ante la falta de tierras aptas, se propone la instauración de sistemas agroforestales. De esta manera, a la vez que se cultiva proporcionando un medio de vida a las familias de dicha agencia, se garantiza la perdurabilidad del recurso suelo para generaciones futuras.
- Todas aquellas zonas cuyo uso actual sea agrícola y que no presenten aptitud para este uso, deberán paulatinamente dejar de ser cultivadas. Como el dejar de cultivar tierras que han sido aradas supone un riesgo especialmente marcado para la erosión, el cese de cultivo se deberá hacer según se disponga de medios para ir revegetando estas zonas con leguminosas y ágaves de diferentes especies. Se comenzará por aquellas áreas cuya pendiente supere el 25 % dado que son las más susceptibles de ser erosionadas.
- Aquellas zonas actualmente pastizales, que presenten aptitud “Apta” o “Muy apta” para la agricultura, pasarán a estar destinados a dicho fin.
- En aquellas regiones, donde el pastizal se presente íntimamente unido a los cultivos, se deberá tender a adhezar el pastizal mediante la implantación de diferentes especies de *Quercus* tendiendo hacia la creación de sistemas agrosilvopastorales.
- El objetivo principal en las áreas erosionadas, dada la imposibilidad de reforestarlas por completo, será el intentar frenar el avance de la erosión. Para ello se establecerán reforestaciones en línea que ejerzan de “barreras vivas” contra la erosión. Del mismo modo, las parcelas de cultivo, con el objeto de protegerlas, se rodearán de líneas arboladas que las delimiten.
- Aquellas áreas erosionadas, de topografía llana y cercanas a los núcleos urbanos se aprovecharán para el establecimiento de paneles fotovoltaicos que impulsen la infraestructura eléctrica de la zona actualmente muy deficiente.



- El uso urbano y los cuerpos de agua se mantienen, dado que no es posible modificarlos y no se considera necesario.

Finalmente, tras analizar cada uno de los usos en Coixtlahuaca y las aptitudes del terreno para acoger en cada caso una actividad u otra el resultado obtenido se puede observar en la figura 5.14 y la distribución porcentual en la tabla 5.9.

Usos definitivos	Superficie (ha)	% sup total
Matorral-pastizal	49526,58	29,33
Forestal	86267,49	51,08
Agrícola	15498,59	9,18
Zona erosionada	16295,80	9,65
Sistemas fotovoltaicos	700,55	0,41
Urbano	560,61	0,33
Cuerpo de agua	23,21	0,01
TOTAL	168872,83	100,00

Tabla 5. 9: Distribución de los usos del suelo en la propuesta de asignación final

La parte central del distrito queda conformada por una matriz de cultivos, pastos y zonas erosionadas, donde la componente forestal, se irá incluyendo poco a poco a través de reforestaciones, hechas en línea, en el caso de realizarse como “barrera viva” en límites de cultivos o zonas erosionadas, o en manchas, cuando se realiza en pastos.

Toda la periferia del distrito queda ocupada por el uso forestal considerándose aprovechable principalmente la zona oeste del distrito. Por el contrario la parte este, se trata de zonas donde la delgadez de los suelos supone un fuerte limitante para el desarrollo de la vegetación y el aprovechamiento solo se permitirá de leñas y exclusivamente por parte de la población local.

La zona agrícola queda restringida a la zona llana del centro, cerca de los núcleos urbanos, salvo la excepción de Santa Catarina Ocotlán, donde se proponen los cultivos en pendiente a través de los sistemas agroforestales.

Las zonas erosionadas, se concentran en el centro y sur del distrito, donde se han propuesto numerosas reforestaciones para frenar su avance.



Por último, se ha propuesto el establecimiento de dos zonas adehesadas, una en la parte central y otra al este del distrito.

5.6.1 Presupuesto y cronograma

Con el fin de proporcionar una orientación al gestor sobre cómo se deben ir realizando las diferentes propuestas y qué medios se pueden emplear, se va a elaborar un cronograma preliminar basado en un presupuesto orientativo

La totalidad de las medidas establecidas como prioritarias a lo largo de este capítulo deben acometerse a lo largo de los próximos 10 años. Tras este periodo, deberá realizarse una nueva evaluación donde se recoja el avance obtenido y se establezcan las nuevas prioridades de reforestación y revegetación.

La principal limitante a la hora de desarrollar las diferentes actuaciones propuestas, es la fuente de financiación.

Para este caso y dada la naturaleza de las acciones a acometer, se pueden solicitar subvenciones de los programas de la CONAFOR (Proárbol) y de la SAGARPA (COUSSA-PESSA). Estos vienen detallados en el Anexo II y a lo largo del *apartado 2.3.3.1 Programas de ayuda gubernamentales*. En el Anexo II, para el caso de Proárbol, se encuentran los requisitos de solicitud, así como una evaluación de las posibilidades de Coixtlahuaca para obtener dicho recurso en función de sus características socioeconómicas.

Sin embargo, en este caso, dada la amplitud de las actuaciones, se ajustan a un programa de la CONAFOR alternativo a Proárbol denominado “Compensación por servicios ambientales”.

El objetivo de este programa es realizar acciones de restauración de suelos, reforestación y mantenimiento de los ecosistemas forestales deteriorados, para que una vez lograda su restauración, se compensen los servicios ambientales como control de la erosión del suelo, captura de carbono, recuperación de la biodiversidad y producción de oxígeno, entre otros.

A través de Proarbol se pueden solicitar apoyos para reforestaciones, obras de conservación de suelo o para ambas. Sin embargo, con el programa de “Compensación de servicios ambientales” se recogen como susceptibles de



recibir apoyos muchas más actuaciones, de tal forma que la restauración es más rápida al contar con mayor financiación por hectárea.

Este programa permite realizar actividades de conservación en superficies mayores y de hecho es un requisito que la superficie mínima a restaurar sea mayor a 50 ha y el plazo de 2 a 4 años. No hay límite en la superficie total, por lo cual con una buena organización de los habitantes de la región, puede plantearse un escenario ideal de restaurar la superficie que se desee y no continuar con iniciativas muy localizadas de 1 a 10 ha con Proarbol.

La organización de comunidades ante el problema común de la región se trata de la alternativa con más potencial en la lucha contra la desertificación.

La realización del presupuesto se va a hacer en base a los apoyos ofrecidos en este programa y recogidos en las bases del mismo, en la convocatoria 2010. A estas bases se puede acceder desde www.conafor.gob.mx.

Y así:

- **Sistemas agroforestales:** Esta posibilidad está recogida en las bases del programa, especificando que sólo se financiarán las actividades selvícolas relacionadas con estos sistemas. Sin embargo, a diferencia del resto de actuaciones, no establece un precio por hectárea, sino que determina que a partir de la propuesta de proyecto se elaborará un presupuesto en función del cual se establecerá la ayuda. Por tanto, teniendo en cuenta que no se disponen de suficientes datos, los sistemas agroforestales no se van a incluir en el presupuesto.
- **Sistemas fotovoltaicos:** Al igual que ocurre con los sistemas agroforestales, la tecnología fotovoltaica es una propuesta para la cual se ha realizado un informe preliminar. Dado el elevado coste que supone implantar estos sistemas y la gran cantidad de subvenciones para fomentar el uso de esta energía, se debe buscar más información sobre las mismas intentando aplicarlas al caso de Coixtlahuaca. Sin embargo, esto escapa a los objetivos del proyecto por lo que también este uso se elimina del presupuesto.



- Roturación de nuevas tierras: Para transformar los terrenos de pasto a cultivo, al no haber presencia de vegetación secundaria, únicamente habría que incluir los costos por contratar la maquinaria que hiciera la preparación del terreno. Se puede tomar como precio orientativo el que considera la CONAFOR para el surcado en terrazas: 1500 pesos mexicanos por hectárea.
- Reforestación: Para la producción de planta, el apoyo que proporciona la CONAFOR es de \$2.5 por unidad. Considerando una distribución en tresbolillo con plantas separadas a 3 m se requiere un total de 1100 plantas lo que supone \$2750. A esta cantidad hay que sumarle los gastos de transporte, plantación etc, Para este conjunto de gastos, la ayuda es \$1500 por hectárea. Ambas cantidades hacen un total de \$4250 por hectárea reforestada.
- Adehesar: A la vista de las pautas de la CONAFOR para repartir los apoyos, estas actuaciones se pueden considerar como un tipo de reforestación, pero con una densidad de planta mucho menor. Por tanto, en este caso, se considera que se va a plantar *Quercus* a 12 x 12 m, lo que supone un gasto en planta de \$687 a lo que queda sumarle los \$1500 destinados a suplir el resto de gastos. Esto hace un total de \$2187 por hectárea
- Revegetar con ágaves y leguminosas: Para calcular el precio por hectárea, hay que repetir el proceso anterior, pero en este caso, se considera una densidad intermedia de 6 x 6 metros. El total por hectárea es de \$2875.

El presupuesto que se va a realizar tiene en cuenta exclusivamente precios actuales, los cuales además, probablemente sean ligeramente inferiores a la realidad. El total asciende a 24249285,03 pesos mexicanos. (ver tabla 5.10) Tal y como se ha detallado con anterioridad, estas actuaciones, se pretenden repartir a lo largo de diez años. Por tanto, el presupuesto anual del que se debería disponer es de 2424928,5 pesos mexicanos.



Actuación	Superficie (ha)	Precio (\$/ha)	Precio total (\$)
Roturación de tierras	5997,93	1500	8996895
Reforestación	1492,88	4250	6344740
Revegetación con leguminosas y ágaves	1492,34	2875	4290477,5
Adehesar con Quercus	2111,19	2187	4617172,53
TOTAL			24249285,03

Tabla 5. 10: Presupuesto orientativo

Suponiendo que a través de los tres programas propuestos, se consigue dicha cantidad anual, es preciso organizar la realización de las actuaciones de manera que se concentren en el tiempo y en el espacio para optimizar los recursos económicos y humanos.

Para ordenar las actuaciones a lo largo de los diez años propuestos se van a seguir las siguientes directrices:

En primer lugar, las reforestaciones se van a llevar a cabo en tres turnos de 500 ha cada uno. A la vez que se realiza la reforestación, se va a aprovechar que sus requerimientos y los de la revegetación de leguminosas y ágaves son relativamente similares luego se plantea realizarlos a la par. Así, se va a establecer un primer bloque conformado por 500 ha de reforestación y 105 ha de revegetación con leguminosas y ágaves:

BLOQUE 1	Superficie (ha)	Coste (\$)
Reforestación	500	2125000
Revegetación	105	301875
Total		2426875
Balance anual		-1946,497

Tabla 5. 11: Bloque 1 de actuaciones

A continuación, se va a establecer un segundo bloque donde se va a combinar, la roturación de nuevas zonas agrícolas, con la revegetación de zonas antes



destinadas a este uso y que actualmente deben cambiar a matorral-pastizal. En estos casos, siempre es mayor la superficie roturada que la revegetada con leguminosas y ágaves, ya que hay otras zonas que, sin necesidad de ninguna actuación, van cambiando de uso desde agrícola hacia pasto, siendo necesario compensarlas con nuevas zonas que pasan a formar parte del uso agrícola.

BLOQUE 2	Superficie (ha)	Coste (\$)
Revegetación	320	920000
Roturación	1000	1500000
Total		2420000
Balance anual		4928,503

Tabla 5. 12. Bloque 2 de actuaciones

Por último, la superficie a adehesar, también se va a agrupar en tres turnos de 700 combinados con nuevas roturaciones (600 ha).

BLOQUE 3	Superficie (ha)	Coste (\$)
Adehesar	700	1530900
Roturación	600	900000
total		2430900
Balance anual		-5971,497

Tabla 5. 13. Bloque de tres de actuaciones

Durante el primer año, las actuaciones comenzarán con el tercer bloque. Esto se debe, a que la población debe inmediatamente dejar de cultivar las tierras “No aptas” para el uso agrícola y por lo tanto necesita nuevos terrenos que las sustituyan. Por otro lado, se trata del único bloque en el cual se puede ahorrar cierta parte del presupuesto anual para llevar a cabo una actuación de mayor envergadura años posteriores.



El siguiente bloque de actuaciones, aplicado durante el segundo año, será el bloque 1. Se atenderán a las zonas del sur, las más necesitadas de reforestaciones urgentes, a la par que se comenzará a revegetar la superficie correspondiente.

El tercer año, volverá a realizarse el bloque 2 para continuar introduciendo nuevas tierras de cultivo y para proteger aquellas que habiendo dejado de ser utilizadas para el uso agrícola, tienen una fuerte pendiente que las convierte en víctimas fáciles de la erosión.

Además, de nuevo así, se ahorra financiación para en el cuarto año llevar a cabo las actuaciones del tercer bloque que suponen una inversión económica algo superior. Por otro lado adehesar se considera la actuación menos urgente en la situación actual de Coixtlahuaca, por lo que se reservan los últimos años para completar esta labor

En la tabla 5.14 se puede observar como evoluciona la superficie destinada a los distintos usos a medida que avanza el tiempo. Para el año cinco, seis y siete, los bloques de actuación han sido el bloque uno, el dos y de nuevo el uno respectivamente.

A lo largo de los años ocho, nueve y diez, se ha aplicado el bloque tres, dos y tres, adaptado para completar las áreas propuestas para los diez años.

	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5	año 6	año 7	año 8	año 9	año 10
	Sup (ha)	Sup (ha)	Sup (ha)	Sup (ha)	Sup (ha)	Sup (ha)	Sup (ha)	Sup (ha)	Sup (ha)	Sup (ha)
Adehesar	-	-	-	700	-	-	-	1400	-	2111,19
Revegetar	320	425	745	-	850	1170	1275	-	1492,3	-
Roturar	1000	-	2000	2600	-	3600	-	4200	5200	5997,93
Reforestar	-	500	-	-	1000	-	1492,88	-	-	-

Tabla 5. 14: Evolución de las superficies de cada uso a lo largo de una década

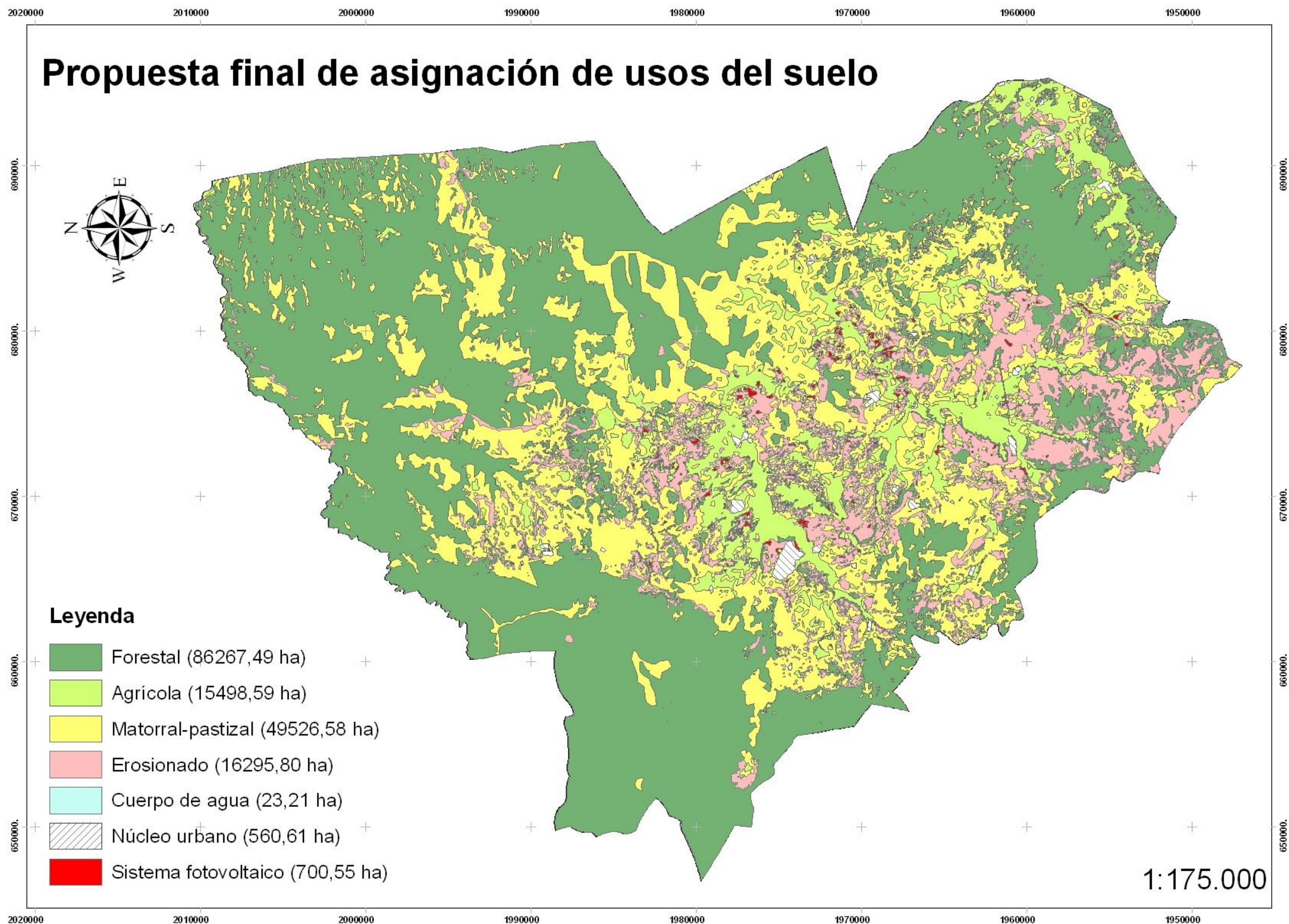


Fig 5. 14: Propuesta final de de asignación de usos del suelo.
(M^a Jesús Serra, 2010)



6 CONSIDERACIONES FINALES

Para finalizar el proyecto, se expone un análisis del trabajo realizado en función de los objetivos planteados y en el orden en que éstos se fueron cumpliendo:

- 1) La propuesta de proyecto, se planteó de acuerdo con las especificaciones de la Universidad Tecnológica de la Mixteca y con el alcance esperado para un Proyecto Fin de Carrera en la Universidad Politécnica de Madrid. En aquel momento, no se disponía de ningún conocimiento previo del terreno, la población local y los procedimientos administrativos de la región. Sin embargo, una vez allí, se comprobó que la documentación existente era escasa e inapropiada para el cumplimiento de los objetivos. En aquel momento hubo que tomar la decisión de introducir una fase previa de recopilación y elaboración de información, aún a expensas de que esto supondría una inversión de tiempo muy significativa y de que, por tanto, dado lo limitado del mismo, condicionaría la profundización en el resto de objetivos planteados.
- 2) El primer objetivo fue elaborar una cartografía actualizada, fiable y adecuada a las necesidades del proyecto. Se comenzó por la realización de un **mapa de suelos** en el que se recogen las unidades edáficas características del distrito de Coixtlahuaca y su distribución geográfica. Para este fin se empleó la técnica de teledetección combinada con trabajo de campo y análisis de laboratorio. En paralelo, se elaboró un **mapa de usos del suelo** a partir de teledetección y trabajo de campo. El resultado fue una base de datos fiable y a la escala adecuada con la que comenzar a elaborar los modelos necesarios para la consecución del resto de objetivos.
- 3) También sobre el terreno, se descubrió la existencia de una gran cantidad de programas gubernamentales y no gubernamentales para promover el desarrollo rural a partir de distintos apoyos económicos. Dada la baja participación de la población del distrito objeto de estudio en estos programas y la dificultad de obtener una visión global de las posibilidades al encontrarse toda la información dispersa, se consideró



importante una recopilación de los distintos **programas de ayuda al desarrollo rural**, sus requisitos y prioridades. Para ello, fueron necesarias múltiples visitas a los organismos responsables. Sin embargo, esta información puede ser vital a la hora de determinar la fuente de financiación de cualquier proyecto de índole social o medioambiental que se desee desarrollar en la zona optimizando recursos humanos, técnicos y económico financieros.

- 4) Como parte imprescindible de un proyecto de planificación, se averiguaron las opiniones, los deseos y las dudas de la población local a través de **entrevistas** que se realizaron sobre el terreno a personas de todas las edades y criterios. Durante esta fase del proyecto, se cumplió además con el objetivo de analizar la **situación sociolaboral de la mujer** en relación con la propiedad de los terrenos entrevistando tanto a hombres como a mujeres sobre la situación actual y su opinión al respecto.
- 5) Una vez recopilada y procesada toda la información necesaria, se procedió a su utilización realizando un modelo de evaluación de tierras que permite **clasificar los terrenos según su aptitud** para los diferentes usos posibles. Para este objetivo se empleó el modelo ALES y el modelo USDA. El modelo definitivo empleado resultó ser una combinación de ambos aprovechando las ventajas de cada uno.
- 6) Por último, a raíz de la información extraída del modelo, de los resultados de las entrevistas y de la distribución actual de cada uno de los usos de suelo, se determinó una **nueva asignación de usos** a cada terreno, así como una serie de medidas encaminadas a la consecución de dicha asignación.

Además de todas estas cuestiones relacionadas con la realización del proyecto se procede a determinar una serie de consideraciones globales sobre la zona de estudio

- 1) El proyecto se ha desarrollado en un escenario caracterizado por un altísimo grado de degradación de los recursos naturales, donde, independientemente de la actuación que se lleve a cabo, los



resultados obtenidos, tardarán mucho tiempo en ser visibles. Esto conlleva un alto riesgo de desánimo por parte de la población local, que no ve recompensados sus esfuerzos.

- 2) La mayor fuente de información en México, incluyendo el caso de los organismos gubernamentales, se obtiene verbalmente, debido a que la información escrita se encuentra ubicada en lugares poco accesibles y de forma muy dispersa. Sin embargo, a la hora de hacer las preguntas, la respuesta nunca es contundente y clara. Se hace necesario por tanto no solo crear un ambiente amigable y de confianza antes de intentar obtener la información deseada sino también saber dirigir la conversación hacia los temas de interés.
- 3) La población en general tiene una fuerte desconfianza hacia el gobierno y sus programas. Esto se suma a que no poseen en muchos casos el entusiasmo y la motivación necesarios para introducirse en la complicada burocracia que supone el obtener las ayudas.

Partiendo de la experiencia obtenida durante la ejecución de este proyecto, se considera importante incidir sobre las siguientes líneas de trabajo:

- 1) Con el objeto de mejorar la caracterización de las unidades edáficas para aumentar la precisión de los modelos, se propone aumentar el número de muestras analizadas, especialmente para los *Fluvisoles* por ser el tipo de suelo más interesante desde el punto de vista agrícola.

Es sencillo reaplicar el modelo, debido a que el ALES permite actualizar los datos de manera muy eficiente y sin ser necesario repetir todo el procedimiento de creación del mismo.

- 2) Se considera muy interesante la realización de un estudio de viabilidad más profundo sobre la posible implantación de tecnología de generación eléctrica basada en fuentes renovables, tanto solares como eólicas, que permitan la disponibilidad local de



energía independientemente de las líneas de distribución existentes, muy escasas y dispersas en la zona. Resultaría interesante la realización de estudios locales de mapas de vientos así como de radiación solar que permitieran conocer las posibilidades reales de este tipo de desarrollos.

- 3) Así mismo, sería muy interesante ampliar el modelo desarrollado en el presente proyecto para los sistemas agroforestales los cuales, prometen grandes logros, teniendo en cuenta las características topográficas de la zona y los problemas de erosión actuales.
- 4) Se considera importante un análisis de la potencialidad turística de la zona que incluya rutas, accesos e infraestructura además de campañas publicitaria para dotar de nuevas posibilidades económicas a la población local.
- 5) Es imprescindible lanzar campañas publicitarias sobre los programas de apoyo al desarrollo rural que proporciona el gobierno. Éstas se tratan de las únicas fuentes con recursos económicos suficientes para garantizar la implantación de las medidas que sean necesarias para recuperar el distrito.
- 6) Dada la estructura social presente en el distrito, la mano de obra son los propios habitantes de las comunidades a través del *tequio*, trabajos realizados gratuitamente por los comuneros. Sin embargo, aunque ellos pongan la intención, es vital que reciban una formación técnica para aprender a desarrollar las labores. Por tanto, por último, se considera imprescindible la realización de una campaña de formación, previa a cualquier medida que se tome en la zona.

Por último, una serie de consideraciones personales sobre mi experiencia en la realización de un Proyecto Fin de Carrera de Cooperación.

- 1) Pese a los prejuicios generalizados sobre los que me habían advertido antes de viajar a México, me sorprendió muy gratamente la eficacia de



todas las personas, independientemente de su formación académica, con las que he tratado durante la realización del proyecto. Probablemente esto se deba al admirable ambiente universitario de la Universidad Tecnológica de la Mixteca, la universidad de acogida, responsable junto con la Universidad Politécnica de Madrid, de este proyecto.

- 2) Las dificultades a la hora de encontrar información, sobre todo la relativa a la cartografía de suelos y usos del suelo, me indujeron a tomar la decisión de realizarlos por mí misma. El hecho de haberlo logrado, consiguiendo todos los requisitos necesarios para la elaboración del modelo, ha sido realmente gratificante.
- 3) Por otro lado, el “salir de casa” para realizar este proyecto, ha provocado que por primera vez me tuviera que enfrentar a un reto profesional sin el apoyo al que estaba acostumbrada. Esto ha logrado que aprenda a confiar en mis propias capacidades y juicios, basados siempre en el análisis y cuestionamiento constructivo de la opinión de distintos profesionales con diferentes puntos de vista.
- 4) Desde el punto de vista personal, ha sido muy enriquecedor ver como los agricultores y campesinos, abrían sus puertas para responder a mis preguntas y me ofrecían comida, bebida e incluso alojamiento durante las largas jornadas de trabajo en campo. También, ha sido altamente gratificante, el verificar como poco a poco, lo que en principio parecía una tarea inviable iba cobrando forma definiendo el proyecto.
- 5) En conclusión, ha sido una experiencia inmejorable, que me ha formado profesional y personalmente consiguiendo por un lado que aplicase determinadas soluciones a problemas a los que nunca me hubiera enfrentado en otras circunstancias, además de que conociera una cultura nueva, entrañable y muy distinta, la mexicana.





BIBLIOGRAFÍA

- “IUSS Grupo de Trabajo WRB. 2007. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo”. Primera actualización 2007. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. FAO, Roma. 2007.
- Página web: <http://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea32s/ch19.htm>.
- “Plan Básico de Ordenamiento Territorial; DIAGNÓSTICO: Subsistema Político Administrativo”. Nueva Segovia de San Esteban de Caloto, Ciudad Confederada. Colombia. 2002
- “Análisis de la aptitud territorial. Una Perspectiva Biofísica”. Manuel Mendoza, Héctor Plascencia, Pedro Camilo Alcántara, Fernando Rosete y Gerardo Bocco. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología. Universidad Nacional Autónoma de México. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental. México. 2009.
- “Directrices sobre la planificación del aprovechamiento de la tierra. Preparado por el Servicio de Recursos, Manejo y Conservación de Suelos bajo la égida del Grupo de Trabajo Interdepartamental sobre aprovechamiento de la Tierra”. FAO. Roma, 1994.
- “Evolución Tectónica Cenozoica en la Porción Norte de la Falla de Oaxaca”. Universidad Nacional Autónoma de México. Oscar Gabriel Dávalos Álvarez. Juriquilla, Querétaro, 2006.
- “Reglamento de la Ley de Desarrollo Rural Sustentable en Materia de Organismos, Instancias de Representación, Sistemas y Servicios Especializados. Diario Oficial de la Federación”. México, 2004.
- “Términos de Referencia para Elaborar el Estudio Regional Forestal de la Unidad de Manejo Forestal”. Diario Oficial de la Federación. Organismos Descentralizados / Desconcentrados - Comisión Nacional Forestal. México, 2009.



- Página web: http://www.infoagro.com/abonos/pH_suelo.htm.
- Página web: <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/trigo.htm>
- “18-09-1998 DECRETO por el que se declara área natural protegida, con el carácter de reserva de la biosfera, la región denominada Tehuacan-Cuicatlán ubicada en los estados de Oaxaca y Puebla”. Comisión Nacional de Áreas Protegidas Naturales. Diario Oficial de la Federación. México, 1998.
- “Manejo y uso del sistema automatizado para la evaluación de tierras – ALES”. Manejo Integral de Microcuencas. Jorge Reinoso. R. ADEFOR. Jequetepeque – Cajamarca. 1997.
- “Desarrollo de un Prototipo del Sistema Automatizado de Evaluación de Tierras (ALES) para Entorno Gráfico WINDOWS”. Maestría en Ciencias de la Geo-Información y Observación de la Tierra, mención en Información de Tierras para la Planificación del Territorio. Ronald Vargas Rojas, Nelson Sanabria Siles MSc. Bolivia, 2009.
- Página web: www.sra.gob.mx.
- Página web: www.sagarpa.gob.mx.
- Página web: www.semarnat.gob.mx.
- Página web: www.conafor.gob.mx.
- “Análisis espacial y temporal de los usos del suelo en el distrito de Coixtlahuaca”. Elena Herrero Rodríguez. Oaxaca, México.
- “Evaluación de Obras de Conservación de Suelos en el Distrito de Coixtlahuaca y bases para actuaciones futuras”. Carlos Jiménez Barrios. Oaxaca México-
- “Efecto sobre las propiedades del suelo de las reforestaciones realizadas en el distrito de Coixtlahuaca”. María del Riego Ceña. Oaxaca, México.



ANEXOS

Anexo I: PROGRAMA DE “PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA DESERTIFICACIÓN Y ABASTECIMIENTO DE AGUA A COMUNIDADES DE LA REGIÓN MIXTECA”

Anexo II: PROGRAMAS GUBERNAMENTALES DE APOYO AL DESARROLLO RURAL Y A LA CONSERVACIÓN Y RECUPERACIÓN DE SISTEMAS

Anexo III:

- a) FICHAS DE CAMPO DE LAS MUESTRAS DE SUELO
- b) PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE SUELO

Anexo IV: ENTREVISTAS

Anexo V: CLAVE DEL MODELO USDA

Anexo VI: UNIDADES CARTOGRÁFICAS HOMOGÉNEAS

- a) MODELO ALES (1ª PRUEBA)
- b) MODELO ALES (2º PRUEBA)

Anexo VII: CLAVE DEL MODELO USDA



ANEXO I:

PROGRAMA DE “PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA DESERTIFICACIÓN Y ABASTECIMIENTO DE AGUA A COMUNIDADES DE LA REGIÓN MIXTECA”



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA
INSTITUTO DE HIDROLOGIA

PROGRAMA DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA DESERTIFICACIÓN Y ABASTECIMIENTO DE AGUA A COMUNIDADES DE LA REGIÓN MIXTECA.

La degradación de tierras engloba diversos procesos que afectan la integridad de los ecosistemas terrestres, comprometiendo sus funciones como hábitat para la biodiversidad, a la recarga de acuíferos, a obras de infraestructura hidráulica, a la calidad del aire y a la vulnerabilidad ante fenómenos climáticos como inundaciones o sequías.

La región Mixteca Oaxaqueña es una de las regiones de México más fuertemente afectada por la degradación de sus recursos naturales, debido a condiciones climáticas, topográficas y al mal manejo de dichos recursos. Esta situación es más evidente en los municipios pertenecientes al distrito de San Juan Bautista Coixtlahuaca, donde se encuentra el territorio más degradado de dicha región y posiblemente de México. El estado actual de degradación es resultado de la interacción compleja entre las condiciones sociales y la necesidad de obtener satisfactores mediante el aprovechamiento de los recursos naturales, como es el caso de la elaboración manual de sombreros de palma, extracción de madera y leña, y sobrepastoreo con ganado caprino, ante la falta de otras fuentes de ingreso. Lo anterior ha ocasionado que la vegetación de la región se encuentre muy degradada, a tal grado que el suelo está prácticamente desprovisto de vegetación.

En México se han realizado diversos programas de manejo de cuencas en áreas piloto con el objetivo de reducir la erosión del suelo, mediante la aplicación de diversas prácticas conservacionistas como terrazas, tinas ciegas, reforestación, construcción de presas de mampostería o gaviones, bordos a nivel, etc.. Ejemplos representativos son la cuenca del río Texcoco, cuenca del lago de Patzcuaro, cuenca de las lagunas de Cuitzeo, Tuxpan y Yuriria, cuenca del río Colorado y la cuenca de la Presa Valsequillo, entre otras.

Estos programas se caracterizaron por ser acciones de programas de gobierno específicos para resolver problemas de carácter local, en los que no existió un esquema de planeación del uso de los recursos naturales en el ámbito de cuenca y los productores participaron como empleados del programa sin llegar a establecer programas reales de manejo de los recursos de cualquier cuenca hidrográfica.

A nivel región mixteca, el programa de conservación y rehabilitación de recursos naturales más completo es el implementado por la "comisión del Papaloapan", la cual se creó debido a que las partes bajas de la cuenca del río Papaloapan, sufrían constantes inundaciones debido a la deforestación en las partes altas (región mixteca). Esta comisión fue responsable de planear y

K. M. 2.5 CARRETERA HUAJUAPAN - ACATLIMA 69000

OAXACA



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA

INSTITUTO DE HIDROLOGIA

ejecutar los programas para el desarrollo integral de la cuenca, para lo cual realizó obras de retención de sedimentos en los ríos, presas de almacenamiento para la regulación de avenidas, establecimiento de huertos frutales, de sistemas hidrométricos de aforo, instalación de estaciones meteorológicas y se efectuaron trabajos de conservación de suelo y agua en la parte alta de la cuenca. Localmente, otras instituciones han realizado acciones y estudios regionales bajo el enfoque de manejo integral de cuencas.

Las prácticas de conservación de suelo y agua proporcionan la posibilidad de controlar y conservar el suelo y a retener la mayor parte del agua de lluvia. Sin embargo, los suelos de la región mixteca están muy degradados, se reforestó con especies vegetales no nativas y los habitantes de esta región participaron como empleados de dichos programas de rehabilitación, por lo cual se invirtieron millones de pesos en acciones que tuvieron poco efecto en la prevención o control de la degradación de los recursos naturales, evidenciando en poca superficie reforestada sobreviviente.

El enfoque holístico empleado por la Universidad Tecnológica de la Mixteca, considera que existen un conjunto de prácticas de conservación y rehabilitación de recursos naturales y el empleo de especies nativas para reforestar. En diversas comunidades de la región se han evaluado con éxito especies nativas con alto potencial para reforestar, en las condiciones de suelo, topografía y clima, lo cual contribuirá a aumentar la infiltración del agua de lluvia recargando acuíferos para abastecer de agua potable a las comunidades asentadas en la región.

El distrito de Coixtlahuaca tiene 11 municipios con grado de marginación alto y 2 con marginación media. La población en la mayoría de municipios y comunidades es inferior a 1000 personas y se abastecen de agua potable en manantiales que anualmente disminuyen su caudal. El crecimiento poblacional está demandando más agua, lo cual se está convirtiendo en un problema ante la disminución del caudal de manantiales y mayor profundidad del manto freático.

La implementación del programa de prevención y control de la desertificación en la región mixteca, surge como inquietud de diversas comunidades por restaurar el paisaje mediante la reforestación. Los municipios de San Juan Bautista Coixtlahuaca, Santa María Nativitas, San Miguel Tequixtepec, Santiago Ihuatlán Plumas, Tlacotepec Plumas, San Cristóbal Suchixtlahuaca, San Francisco Teopán, Tepelmeme, principalmente, han participado en programas de reforestación y continúan con el interés por contribuir a la rehabilitación de las cuencas de la región.

Son las comunidades quienes promueven y participan activamente en la reforestación y como ejemplo en San Cristóbal Suchixtlahuaca se ha reforestado en 2007, 2008 y 2009. En 2009 se reforestó con 40 mil plantas de *pinus oaxacana* y es en esta comunidad donde se piensa establecer, en coordinación con el gobierno de México, un centro demostrativo de prevención y control de la certificación. Asimismo, en las reforestaciones se ha involucrado como factor de concientización a los niños de las escuelas de la región.

K. M. 2.5 CARRETERA HUAJUAPAN - ACATLIMA 69000

OAXACA



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA

Para el éxito del programa de prevención y control de la desertificación, es necesario realizar un conjunto de proyectos que consideren:

- Evaluar la eficiencia de las obras de conservación de suelo y agua realizadas en la región por diversas instituciones.
- Evaluar el efecto de la reforestación con diversas especies y de diferente época en las propiedades físicas y químicas del suelo.
- Realizar el estudio agrológico de tierras para identificar el uso potencial del suelo y planificar las actividades de rehabilitación.
- Realizar el análisis espacial y temporal del uso del suelo en Coixtlahuaca, empleando sistemas de información geográfica.
- Establecer el centro demostrativo de lucha contra la desertificación, el cual considera como aspecto fundamental realizar investigación sobre el efecto de diversas obras de conservación de suelo y agua, en la disminución del escurrimiento superficial y erosión del suelo para lo cual se establecerán lotes de escurrimiento. Sobre la recarga de acuíferos mediante el aforo continuo de manantiales. Sobre la biodiversidad en el área reforestada y algunas propuestas nuevas durante el desarrollo del proyecto.

Estas son algunas acciones inmediatas a desarrollar y los resultados se utilizarán, en general, para planificar las actividades de rehabilitación a realizar en terrenos degradados para disminuir la desertificación.

Para ello se cuenta con cuatro alumnos de la **E.T.S.I. de Montes** de la **Universidad Politécnica de Madrid** que realizarán en el Instituto de Hidrología de la Universidad de la Mixteca (Oaxaca, México), los siguientes proyectos, relacionados con los puntos anteriormente expuestos como objetivos del **PROGRAMA DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA DESERTIFICACIÓN Y ABASTECIMIENTO DE AGUA A COMUNIDADES DE LA REGIÓN MIXTECA**:

- *“Metodología para la planificación de las obras de conservación de suelos en el Distrito de Coixtlahuaca a partir de la evaluación de las preexistentes”*, por Carlos Jiménez Barrios.
- *“Evaluación de los efectos de las reforestaciones a partir de parámetros físico-químicos del suelo y criterios socioeconómicos para la planificación de actuaciones futuras en el Distrito de Coixtlahuaca”*, por María del Riego Ceña.
- *“Análisis espacial y temporal del uso del suelo en el Distrito de Coixtlahuaca”*, por Elena Herrero Rodríguez.
- *“Planificación rural sostenible en el Distrito de Coixtlahuaca”*, por M^a Jesús Serra Varela.

La continuidad de este proyecto se asegura mediante posible apoyo de la Comisión Nacional Forestal de México por un mínimo de cinco años y en convenios de colaboración que se tiene con algunos municipios del área de estudio con vigencia de 10 y 20 años. En estos convenios se

K. M. 2.5 CARRETERA HUAJUAPAN - ACATLIMA 69000
OAXACA



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA
INSTITUTO DE HIDROLOGÍA

considera realizar diferentes actividades como: identificar el uso óptimo del suelo, realizar reforestaciones con especies vegetales nativas en lugares prioritarios, identificar los sitios adecuados para la captación y aprovechamiento de agua de lluvia, y en general en realizar, todas aquellas acciones que contribuyen al manejo integral de cuencas.

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano la atención prestada al presente; aprovecho la ocasión para enviarle cordiales saludos.

ATENTAMENTE
Labor et Sapientia, Libertas
H. Cd. de Huajuapán de León, Oax.
14 de octubre de 2009

Dr. Fidencio Sustaita Rivera
Profesor Investigador
Instituto de Hidrología



K. M. 2.5 CARRETERA HUAJUAPAN - ACATLIMA 69000
OAXACA



ANEXO II:

PROGRAMAS GUBERNAMENTALES DE APOYO AL DESARROLLO RURAL Y A LA CONSERVACIÓN Y RECUPERACIÓN DE SISTEMAS

- **SAGARPA**

I. Adquisición de activos Productivos (Artículo 13)

El primer programa para la Adquisición de Activos Productivos, descrito en el Artículo trece de las Reglas, se conoce comúnmente como “*Alianza para el Campo*” dado que éste era su nombre anterior.

A esta ayuda tienen acceso todos los que realicen actividades (individuales o colectivas) en el medio rural o pesquero, que no hayan recibido ayudas de la Secretaría para el mismo fin en los últimos dos años.

La cantidad máxima del apoyo será de hasta \$250,000 (doscientos cincuenta mil pesos mexicanos) por persona física beneficiaria del proyecto o del 50% del valor del mismo en sus diferentes componentes con excepción de los productores de bajo o nulo nivel de activos para los que se estudiará la situación en cada caso.

El total del presupuesto destinado a este programa se reparte de manera que vaya un 50% a las zonas de marginalidad alta o muy alta, un 30% a los de media y un 20% a los de baja o muy baja marginalidad. Dentro de cada estrato social se repartirá más a los que menos cantidad de activos posean, destinando siempre al menos un porcentaje a cada estrato.

Para establecer el orden de prioridad a la hora de repartir los apoyos, se ha elaborado un sistema de puntos, basados en los parámetros descritos en los párrafos anteriores, de forma que a mayor puntuación, más posibilidades de recibir la ayuda. El sistema de puntos se encuentra en el Anexo VI de las Reglas.

VI. Programa de Uso Sustentable de Recursos Naturales para la Producción Primaria. (Artículo 16)

Además de lo establecido en el apartado 2.3.3.1 sobre este programa, también se proporcionarán apoyos para inducir nuevos patrones productivos, construcción de instalaciones especializadas para el manejo de subproductos que puedan ser reciclados o transformados en productos que disminuyan el impacto ambiental por sus desechos. Asimismo, se otorgarán



recursos para obras de protección y rehabilitación de los ecosistemas pesqueros.

La distribución de los apoyos se lleva a cabo de manera similar al primer programa, es decir mediante un sistema de puntos. Las puntuaciones están detalladas en el Anexo 16 de las Reglas. De nuevo, se destina un porcentaje de ayuda a cada estrato de la sociedad y se da prioridad a ciertos acuíferos y a cierto tipo de cultivos. Hay un listado preferente de acuíferos sobreexplotados, pero ninguno de ellos queda dentro de la zona de estudio.

- **SEMARNAT-CONAFOR**

Proárbol

Análisis de las puntuaciones del Proárbol para el distrito de Coixtlahuaca

Dada la gran importancia de este programa para la consecución del objetivo general de este proyecto, se han analizado los diferentes requisitos para obtener los apoyos y así:

→ Lo que más puntos supone según el Reglamento es: *“Ejididos o comunidades que nunca hayan recibido apoyos de ProArbol, salvo sanidad, incendios, capacitación y transferencia de tecnología”* Este criterio lo cumplen muchas comunidades de la zona, a pesar de que otras muchas ya se han beneficiado o lo están haciendo actualmente.

Otros criterios son

→ Ser rápido: Entregar la solicitud dentro de los primeros 20 días desde la apertura de la convocatoria, supone 2 puntos y dentro de los primeros 40 días 1 punto

→ Tener mayoría de población indígena: No lo cumplimos. Aunque según datos de los dos últimos censos de la INEGI, cada vez más personas hablan alguna lengua indígena, queda lejos de ser una mayoría de la población.

→ Estar en el programa de Estrategia 100x100: La Estrategia 100x100, primera iniciativa de política social del gobierno del Presidente Felipe Calderón, tiene el objetivo de impulsar, mediante la coordinación institucional de las dependencias y entidades del Gobierno Federal, el desarrollo integral



de los 125 municipios con mayores atrasos sociales del país, reduciendo así las brechas de desigualdad regionales. De estos 125 municipios, 58 están en el estado de Oaxaca. Ninguno de ellos está dentro de la zona de estudio, por lo que por este criterio no se recibe ningún punto.

→Tener grado de marginalidad alto o muy alto según SEDESOL: Diez de los trece municipios cumplen con este requerimiento y por tanto obtendrían una mayor puntuación en caso de solicitar un proyecto. Son altas: Concepción Buenavista, San Francisco Teopan, San Miguel Tequixtepec, San Miguel Tulancingo, Santa María Nativitas, Santiago Ihuitlán Plumas, Santiago Tepetlapa, Tepelmeme Villa de Morelos y San Mateo Tlapiltepec. Los tres restantes: Santa Magdalena Jicotlán, San Cristóbal Suchixtlahuaca y Tlacotepec Plumas tienen un grado de marginación medio.

→Ser mujer: Aunque en Coixtlahuaca las labores del campo y todo lo relacionado con ellas generalmente es responsabilidad del hombre, esta mentalidad está cambiando, de forma que cada vez más mujeres toman la iniciativa y solicitan proyectos.

En la lista de proyectos denegados, hay tres casos que quedan dentro de la zona de estudio. En los tres el motivo es insuficiencia presupuestal y el concepto del apoyo solicitado es B.2.2 Biodiversidad.

- El primero, en San Juan Bautista Coixtlahuaca, con nombre de solicitante “Bienes comunales de Coixtlahuaca”.
- El segundo, en Concepción Buenavista y el solicitante es “Ejido de San Miguel de Aztatla”, justo el límite dentro de este municipio de la Reserva de la Biosfera y por último,
- el tercero es en San Miguel Tequixtepec a través del solicitante “Bienes comunales de San Miguel Tequixtepec”.

El haber solicitado un proyecto que no haya sido concedido por insuficiencia presupuestaria, supone en la convocatoria 2010 disponer dos puntos más. Sin embargo, esto es algo muy variable que cambia según las distintas convocatorias.



Procymaf

La población objetivo del Procymaf son los ejidos, comunidades y asociaciones que formen entre sí principalmente indígenas, que sean propietarios o poseedores de terrenos forestales ubicados en los estados de Campeche, Chihuahua, Chiapas, Durango, Guerrero, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo y Veracruz.

Con este programa, la CONAFOR busca fortalecer los esquemas comunitarios de buen manejo forestal y contribuir a que los dueños y poseedores de esos recursos forestales incrementen sus alternativas de ingreso derivadas de esta actividad.

Aún así, en Coixtlahuaca, dada su pequeña vocación forestal no ha tenido mucho impacto este programa. La razón de incluirlo en este apartado, es meramente que se ha nombrado en líneas anteriores.

Consultando los Resultados de 2010, ha habido una solicitud en el distrito, de la agencia Santa Catarina Ocotlán, perteneciente al municipio San Juan Bautista Coixtlahuaca, que ha sido denegada, aunque no se especifican los motivos.

- **Secretaría de la Reforma Agraria**

Con los siguientes programas, la Secretaría de la Reforma Agraria apoya la capacidad emprendedora de mujeres, hombres y jóvenes que habitan en núcleos agrarios, para que con sus proyectos productivos y su esfuerzo generen empleos, ingreso y puedan mejorar la calidad de vida sus familias y de su comunidad.

Fondo de Apoyo a Proyectos Productivos en Núcleos Agrarios (FAPPA)

El programa Fondo para el Apoyo a Proyectos Productivos en Núcleos Agrarios (FAPPA) está dirigido a mujeres y hombres que habitan en núcleos agrarios y que no son titulares de tierras, pero que tienen el propósito de poner en marcha proyectos productivos para mejorar su calidad de vida y la de sus familias.



Este programa lleva en marcha desde 2004. En Coixtlahuaca no ha habido ninguna solicitud durante todo este tiempo.

Programa de la Mujer en el Sector Agrario (PROMUSAG)

Está dirigido a las mujeres mexicanas mayores de edad integradas en grupos de trabajo con un mínimo de dos y un máximo de cinco integrantes que habitan en territorio social: núcleos agrarios (ejidos y bienes comunales), preferentemente aquellos que se encuentran en los municipios con contextos de vulnerabilidad, marginación e inequidad, así como a aquellos que se encuentran en la estrategia dirigida a los municipios incluidos en la Estrategia 100X100, la de los 300 municipios prioritarios en zonas forestales (Proárbol) y la de Perspectiva de Equidad de Género, las que son consideradas con mayor énfasis para la focalización de los recursos públicos, que tengan interés en participar para acceder a los apoyos del Programa de la Mujer en el Sector Agrario (PROMUSAG).

Aquellos grupos que hayan recibido el apoyo de FAPPA o de PROMUSAG a lo largo de los últimos cinco años previos a la solicitud del proyecto, quedarán inmediatamente descartados.

Hasta Octubre de 2009 solo se han asignado dos proyectos de PROMUSAG en el distrito de Coixtlahuaca.

El primero en San Miguel Tulancingo, recibió 137.500 pesos mexicanos de subvención: “Productores de Jitomate de Ningaxingu”.PM-OAX-080209-3186-1375.

El segundo en Santiago Ihuatlán Plumas de 110.000 pesos mexicanos, se llama “Vulcanizadora Miranda”. PM-OAX080209-5431-1521.

Esto no significa que el resto de proyectos se hayan rechazado, sino que muy por el contrario, no ha habido ninguna solicitud más.

**Joven emprendedor rural**

El programa fomenta el relevo generacional en la tenencia de la tierra, apoyando a los jóvenes de núcleos agrarios para adquirir o rentar tierra social. Los beneficiarios reciben asistencia técnica y capacitación para instrumentar proyectos productivos sustentables que mejoren sus ingresos y nivel de vida, arraigándolos en sus comunidades.

El programa tiene como objetivo general crear agroempresas rentables y sustentables para que el joven emprendedor rural en su mismo núcleo agrario incremente sus ingresos, además de impulsar el relevo generacional.

Por ahora, ningún municipio de Coixtlahuaca está incluido como posible beneficiario de este programa, ya que se encuentra aún en una fase piloto.



ANEXO III:

A. FICHAS DE CAMPO DE LAS MUESTRAS DE SUELO

Muestras 1 y 2

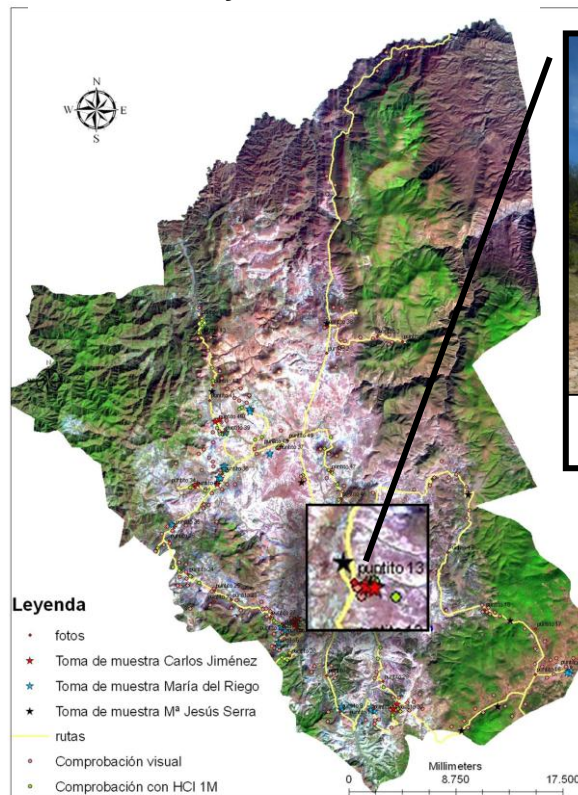


Fig.4.5: SPOT, RGB distrito de Coixtlahuaca - Desarrollo de la fase de comprobación de la información (PLANET-ACTION, 2008)



San Juan Bautista Coixtlahuaca
(MªJesús Serra, 2010)

Fig AN- 1: Localización de muestras 1 & 2

Fecha de recogida de muestra: 11/03/2010

Municipio: San Juan Bautista Coixtlahuaca

Coordenadas UTM: X = 675.479,126; Y = 1.964.994,344

Entorno: Tal y como se puede ver en la figura AN-1, las muestras fueron tomadas cerca del cauce de un río. Casi todo el terreno de alrededor son parcelas agrícolas. Los árboles que se observan en la fotografía ejercen de límite natural entre el río y dichas parcelas.

Altitud: 2.010 metros sobre el nivel del mar

Pendiente media: Terreno llano

Profundidad: Mayor a 100cm

Descripción del perfil: Se trata de suelos muy profundos, en los que después de profundizar un metro no se encontró la roca madre. Se diferenciaron dos horizontes; un horizonte A, de coloración más oscura, con un espesor de 10cm, y otro, de gran espesor, el horizonte B, de coloración más clara y, al menos en apariencia, con una textura más gruesa.

El suelo presentaba una estructura que parecía correcta. La realización de la calicata no fue difícil dado que los terrones que conformaban el perfil se deshacían con relativa facilidad.

Observaciones

A pesar de la gran profundidad del suelo, no se observaban cambios apreciables a lo largo del perfil a excepción de los dos horizontes diferenciados. A la muestra 1 corresponde con el horizonte A; la muestra 2, con el horizonte B.

En la **muestra 1** no se halló prácticamente ninguna piedra. Las piedras que se encontraron eran de un tamaño muy pequeño que en ningún caso superaba los 5mm. Frecuentemente aparecían pequeños fragmentos de caliche, especialmente en los primeros 10cm.

El horizonte B (**muestra 2**) presentaba algo más de pedregosidad; no tenía una gran cantidad de piedras, pero las que tenía presentaban un tamaño considerable que variaba entre 2cm y 4cm.

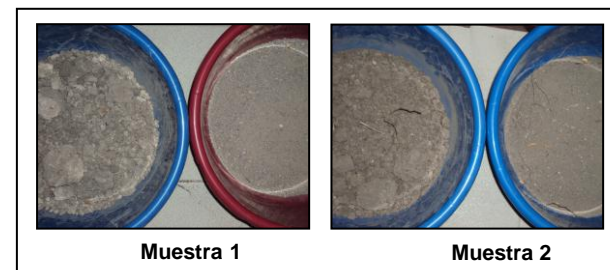


Fig AN- 2: Detalle de muestras 1 & 2

Muestras 3 y 4

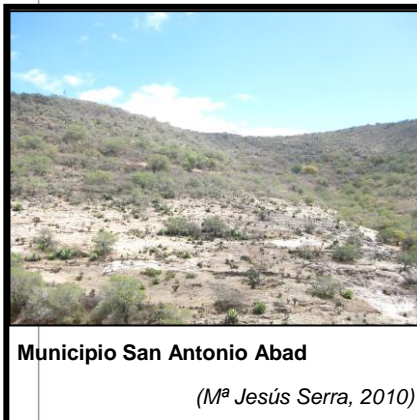
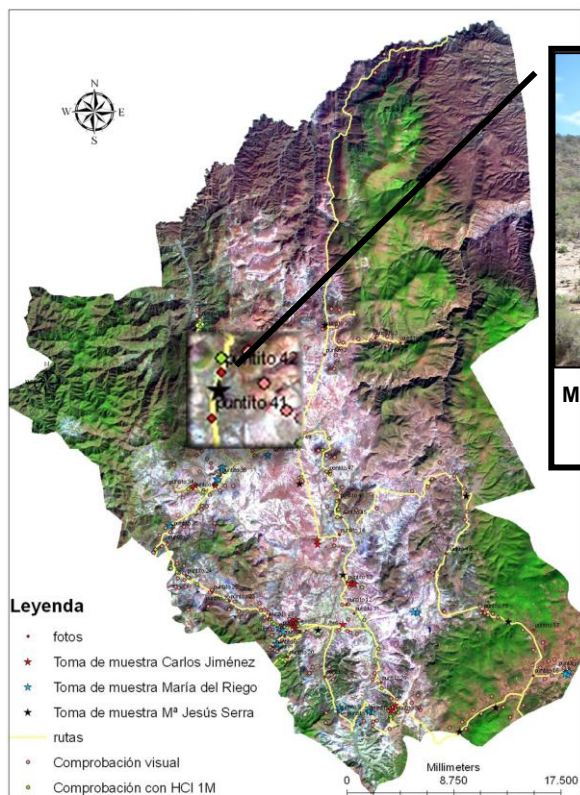


Fig AN- 3: Localización de muestras 3 & 4

Fecha de recogida de muestra: 17/03/2010

Municipio: San Antonio Abad, agencia de Santiago Ihuitlán Plumas

Coordenadas UTM: X = 664.519,386; Y = 1.979.966,743

Entorno: La muestra fue tomada en un terreno agrícola cuya imagen se ilustra en la figura AN-3, El terreno está situado en un área de acumulación, ya que se trata de una zona llana rodeada de montañas.

Altitud: 2.180 metros sobre el nivel del mar

Pendiente media: Terreno llano.

Profundidad: 35cm

Descripción del perfil: A pesar de tratarse de un perfil de muy poca profundidad, aparecía una clara diferenciación de horizontes.

Las dos muestras mostraban una coloración rojiza., siendo la inferior presentaba un color más oscuro. Adicionalmente dicha parte inferior del perfil, presentaba terrones de mayor cohesividad.

Observaciones

Como se ha detallado anteriormente, en el perfil aparecen dos horizontes: el horizonte A que se corresponde con la muestra 4, y el horizonte B, al que pertenece la muestra 3.

La **muestra 3** (horizonte B) tiene un color rojizo, bastantes piedras y los terrones cuesta bastante deshacerlos. Las piedras, al partirlas, presentan intrusiones anaranjadas en una matriz grisácea.

La **muestra 4** se parece bastante a la anterior, sin embargo, es ligeramente más complicado deshacer los terrones. Las piedras, aunque de pequeño tamaño, son abundantes.

La figura AN-4 refleja el aspecto de las dos muestras. En ambos casos, la imagen de la izquierda presenta a muestra sin moler y la otra, una vez molida.

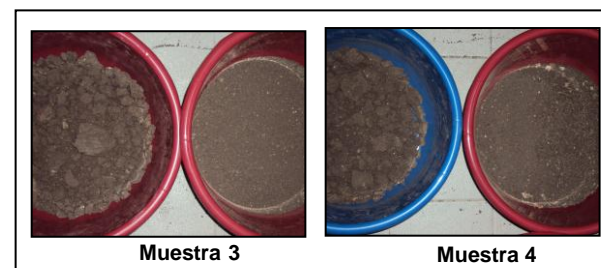
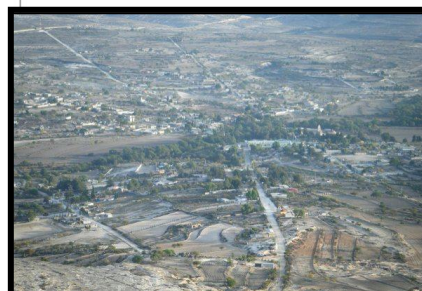
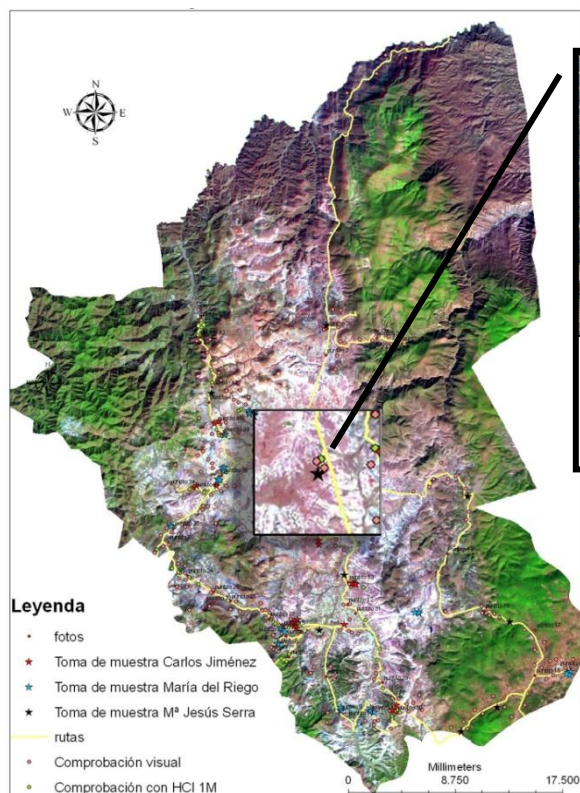


Fig AN- 4: Detalle de muestras 3 & 4

Muestra 5



Tepelmeme Villa de Morelos

(tepelmemeunitedstates.spaces)

Fig AN- 5: Localización muestra 5

Fecha de recogida de muestra: 18/03/2010

Municipio: Tepelmeme Villa de Morelos

Coordenadas UTM: X = 671.996,318; Y = 1.972.533,883

Entorno: La muestra fue tomada en un pastizal que no parecía haber sido empleado para la agricultura en los últimos años.

Altitud: 2.170metros sobre el nivel del mar

Pendiente media: Terreno llano

Profundidad: 25cm

Descripción del perfil: Se trata de un suelo delgado, sin ninguna diferenciación de horizontes. El suelo presenta un color negro y una estructura muy grumosa, con gran cantidad de pequeñas raíces. Aparecen numerosos fragmentos de la roca madre a lo largo de todo el perfil. Sin embargo, estos fragmentos, se rompen muy fácilmente con la mano.

Observaciones

Una vez en laboratorio, se comprobaron todas las características observadas en campo.

Tal y como se puede observar en la fotografía AN-6, los trozos de caliche que se encuentran distribuidos en la muestra, son de tamaño relativamente grande, (entre 5-7cm). También se aprecian abundantes raíces.

En la fotografía, la parte izquierda se corresponde con la muestra molida. A la derecha, se puede ver la muestra aún sin moler.



Muestra 5

Fig AN- 6: Detalle de muestra 5

Muestra 6

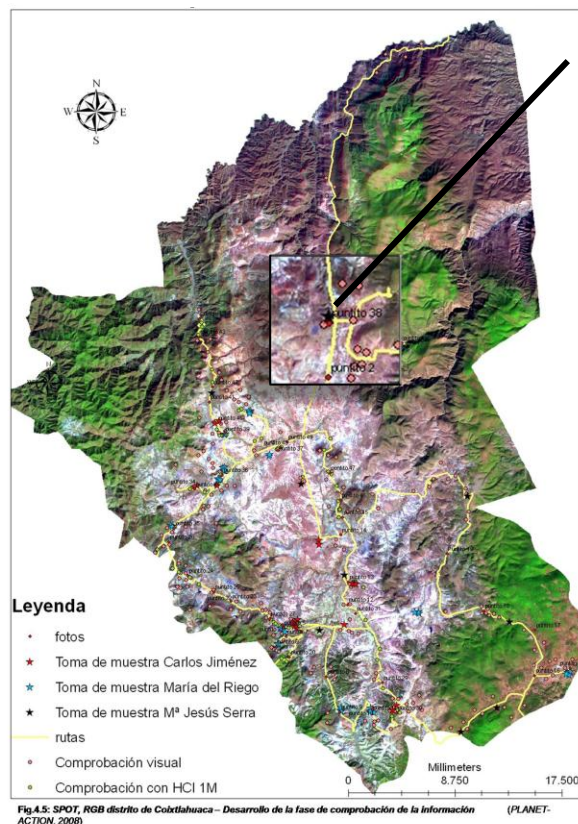


Fig AN- 7: Localización muestra 6

Fecha de recogida de muestra: 19/03/2010

Municipio: Tepelmeme Villa de Morelos

Coordenadas UTM: X = 674.018,992; Y = 1.985.562,284

Entorno: Las muestras están tomadas en una zona agrícola aunque en el momento de la toma de muestra no estaba siendo cultivada, probablemente debido a que marzo es el final de la estación seca.

Altitud: 2.180metros sobre el nivel del mar

Pendiente media: Terreno llano

Profundidad: 32cm

Descripción del perfil: El perfil, a pesar de ser ligeramente más profundo que la mayoría de los suelos de la zona, no presentaba diferenciación de horizontes. Se trata de un caso muy pedregoso en toda su profundidad con piedras cuyo tamaño ronda los 6cm-7cm.

La estructura es adecuada, aunque quizá los terrones que se forman tengan demasiada consistencia y las raíces podrían tener problemas para romperlos.

El color es entre rojo y marrón.

Observaciones

En el laboratorio fue relativamente sencillo deshacer los terrones durante el proceso de molido. Al hacerlo, no se encontraron muchas raíces.

En la figura AN-8, se puede apreciar un detalle de la muestra. La parte izquierda ofrece el aspecto de la muestra sin moler. La imagen derecha, una vez molida.

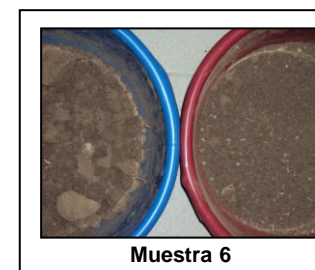
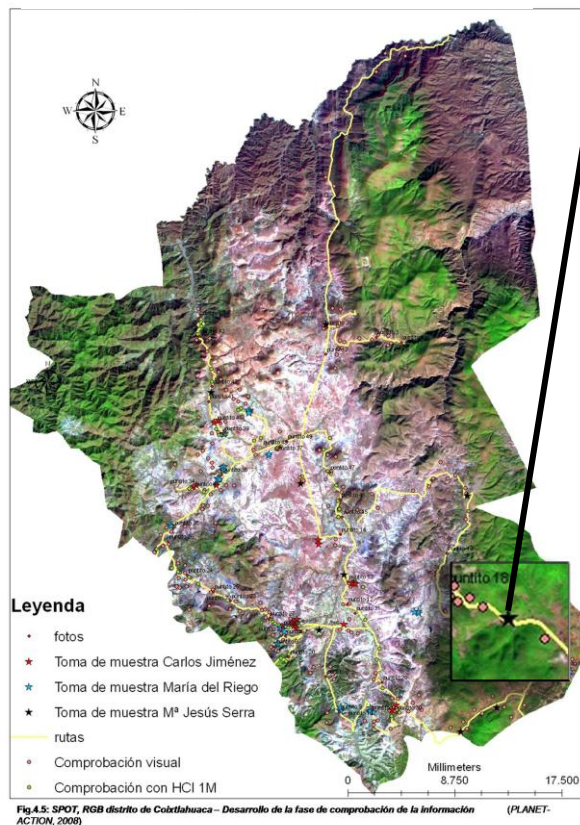


Fig AN- 8: Detalle de muestra 6

Muestra 7



San Juan Bautista Coixtlahuaca
(Mª Jesús Serra, 2010)

Fig AN- 9: Localización muestra 7



Muestra 7
Fig AN- 10: Perfil muestra 7

Fecha de recogida de muestra: 03/03/2010

Municipio: San Juan Bautista Coixtlahuaca

Coordenadas UTM: X = 688.989,069; Y = 1.961.139,051

Entorno: La muestra fue tomada en un pastizal a las afueras de un bosque aprovechando una zanja que había sido hecha en el suelo.

Altitud: 2.420 metros sobre el nivel del mar

Pendiente media: Aunque el sitio concreto donde se tomó la muestra era llano, como puede observarse en la foto de la figura AN-9, la zona se caracteriza por fuertes pendientes, que son en general mayores al 25%.

Profundidad: Inicialmente se analizaron los primeros 35 cm, sin llegar a la roca madre.

Descripción del perfil: A lo largo de los primeros 35 cm no se observó diferenciación de horizontes por lo que solo se tomó una muestra y no se siguió avanzando en profundidad.

Los suelos presentaban coloraciones rojizas y no se observó la presencia de piedras, al menos de un tamaño apreciable. Los terrones que conforman el suelo presentan una estructura aparentemente correcta. La figura AN-10, da una imagen del perfil del suelo del que se tomó la muestra.

Observaciones

Al moler la muestra no se encontró ni una sola piedra. Presentaba pocas raíces y los terrenos, daban la sensación de ser muy ricos en arcillas.

Una vez obtenidos los resultados de los análisis, se consideró necesario repetir la muestra, ya que, para caracterizar un suelo como luvisol, caso ante el que nos encontramos, requiere la comparación entre el horizonte superficial y el subsuperficial.

Muestra 8

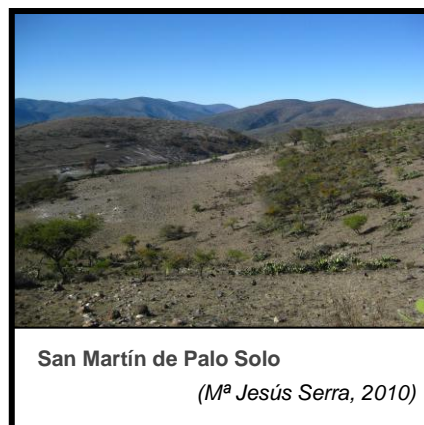
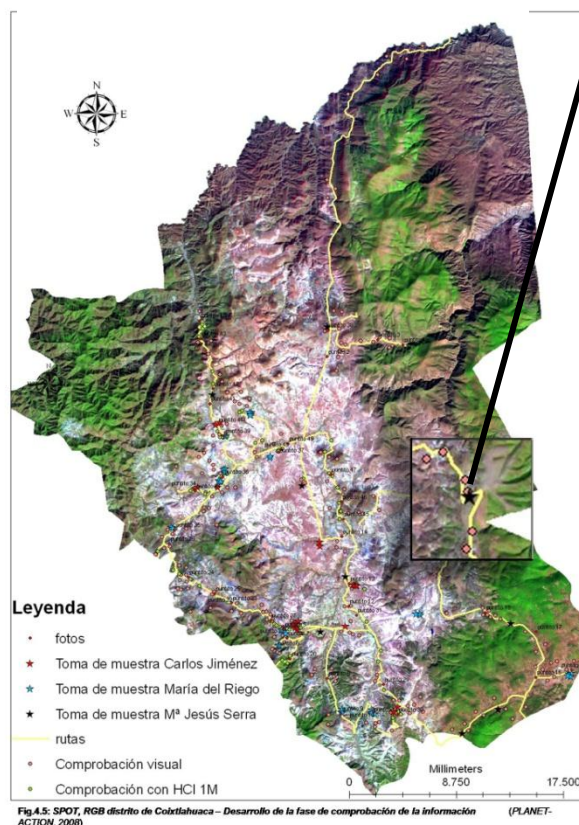


Fig AN- 11: Localización muestra 8

Fecha de recogida de muestra: 03/03/2010

Municipio: San Martín de Palo Solo, agencia de San Miguel Tequixtepec

Coordenadas UTM: X = 685.547,110; Y = 1.971.412,247

Entorno: La zona donde se tomó esta muestra, se corresponde con un pastizal con vegetación de poca envergadura.

Altitud: 2.260metros sobre el nivel del mar

Pendiente media: Terreno de pendiente suave, aproximadamente un 3%

Profundidad: 45cm

Descripción del perfil: Tal y como se ve en la figura AN-13, el suelo presenta un color negro hasta la roca madre.

No aparece ninguna diferenciación de horizontes a pesar de tratarse de un perfil relativamente profundo.

El suelo no tiene apariencia grumosa y parece rico en arcillas.

La roca madre, está conformada por una gran cantidad de fragmentos de roca, lo cual concuerda con el mapa geológico que determina que en esta zona aparecen conglomerados.



Fig AN- 13: Perfil del suelo, muestra 8



Fig AN- 13: Detalle de muestra 8

Observaciones

Es imposible romper los terrones con la mano. Incluso empleando un martillo de madera son realmente difíciles de romper y tienen un tamaño muy grande que ronda los 10 cm.

Las rocas que se encontraron eran de gran tamaño.

En la figura AN-12, se puede apreciar un detalle de la muestra. La parte izquierda ofrece el aspecto de la misma sin moler. La imagen derecha, una vez molida.

Muestra 9

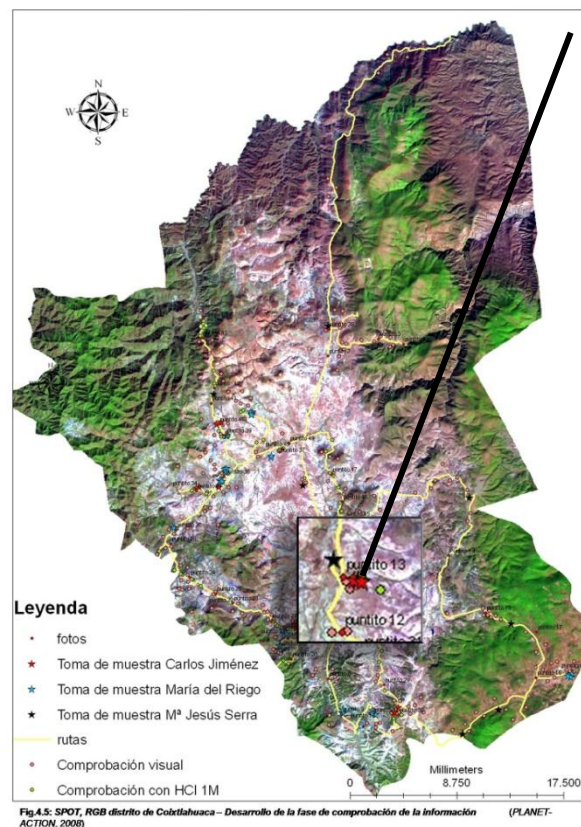


Fig AN- 14: Localización muestra 9

Fecha de recogida de muestra: 26/02/2010

Municipio: San Juan Bautista Coixtlahuaca

Coordenadas UTM: X = 676.292,453 ; Y = 1.964.282,474

Entorno: Las muestras se han tomado en las terrazas de San Juan Bautista Coixtlahuaca. La mayor parte del terreno presentaba una ligerísima costra. Aunque en el momento de tomar la muestra no había ningún cultivo, las marcas de arado en el suelo hacen suponer que hace poco que fue labrado.

Altitud: 2.050metros sobre el nivel del mar

Pendiente media: Terreno llano dado que se trata de terrazas.

Profundidad: 25cm.

Descripción del perfil: Estos suelos presentan un material muy inconexo a lo largo de los 25cm, con una capa de caliche en la base. Dicha capa de caliche es la responsable de la mayor parte de las características de este suelo.

El suelo es de color blanco y no hay ninguna capa de materia orgánica en la parte superficial. Apparently no hay ninguna piedra, ni siquiera fragmentos de caliche.

El suelo no parece tener ninguna estructura.

Observaciones



Fig AN- 15: Detalle muestra 9

En la figura AN-15, se puede apreciar un detalle de la muestra. La parte derecha ofrece el aspecto de la misma sin moler. La imagen izquierda, una vez molida.

La molienda de la muestra fue casi innecesaria dado el alto estado de disgregación en el que se encontraba la misma. Sin embargo, aunque pequeños, aparecieron pequeños fragmentos de caliche.

No se encontró ninguna raíz.

Muestra 10

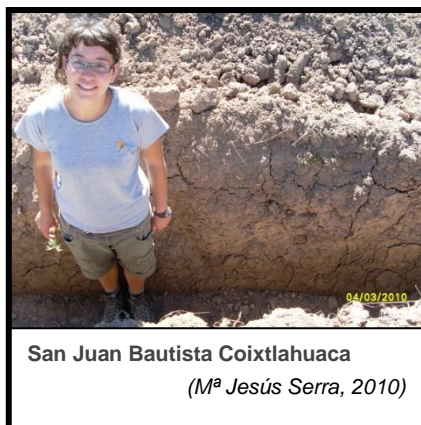
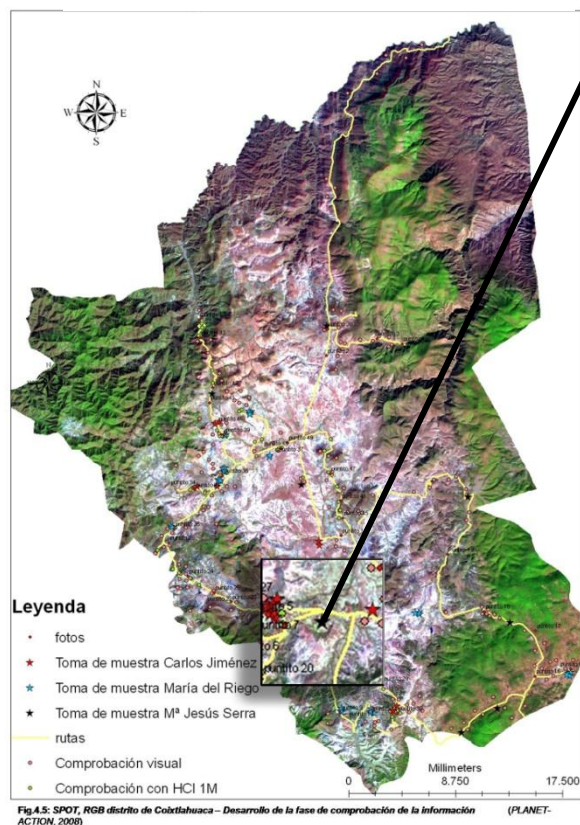


Fig AN- 16: Localización muestra 10

Fecha de recogida de muestra: 26/02/2010

Municipio: San Juan Bautista Coixtlahuaca

Coordenadas UTM: X = 676.292,453 ; Y = 1.964.282,474

Entorno: Las muestras se han tomado en las terrazas de San Juan Bautista Coixtlahuaca. La mayor parte del terreno presentaba una ligerísima costra. Aunque en el momento de tomar la muestra no había ningún cultivo, las marcas de arado en el suelo hacen suponer que hace poco que fue labrado.

Altitud: 2.050 metros sobre el nivel del mar

Pendiente media: Terreno llano dado que se trata de terrazas.

Profundidad: 25cm.

Descripción del perfil: Estos suelos presentan un material muy inconexo a lo largo de los 25 cm, con una capa de caliche en la base. Dicha capa de caliche es la responsable de la mayor parte de las características de este suelo.

El suelo es de color blanco y no hay ninguna capa de materia orgánica en la parte superficial. Apparently no hay ninguna piedra, ni siquiera fragmentos de caliche.

El suelo no parece tener ninguna estructura.

Observaciones

Una vez secos, los terrones parecían mantenerse unidos exclusivamente gracias a las raicillas que los atravesaban.

En la figura AN-17, se puede apreciar un detalle de la muestra antes y después ser molida.



Fig AN- 17: Detalle muestra 10

Muestra A-B

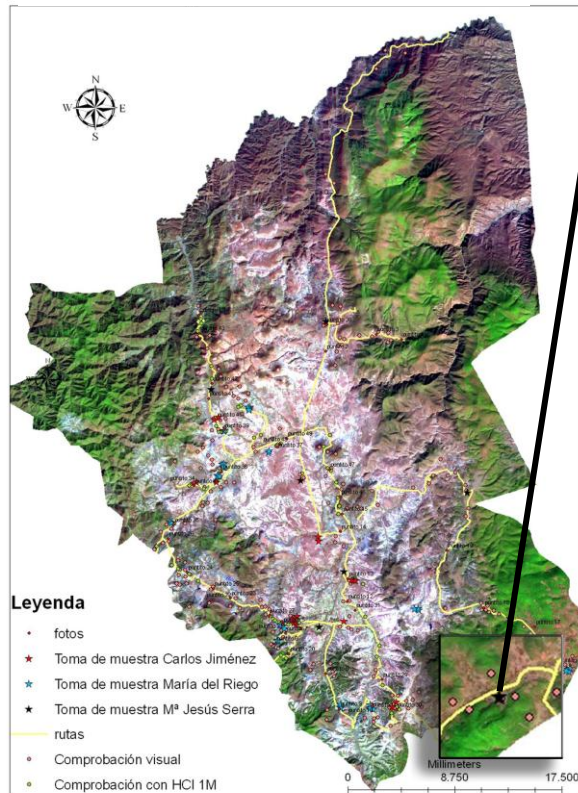


Fig.4.5: SPOT, RGB distrito de Coixtlahuaca – Desarrollo de la fase de comprobación de la información (PLANET-ACTION, 2009)

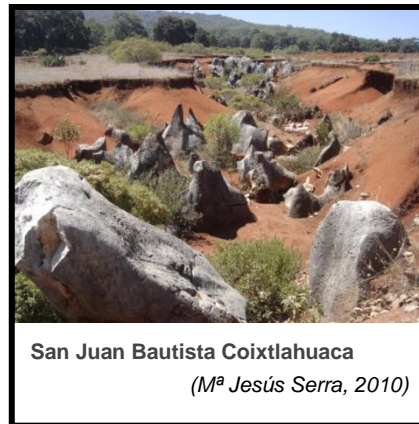


Fig AN- 18: Localización de muestras A & B

Fecha de recogida de muestra: 02/05/2010

Municipio: San Juan Bautista Coixtlahuaca

Coordenadas UTM: X = 687.953,804; Y = 1.954.131,481

Entorno: La muestra se tomó en una zona de pastizal, relativamente cercana al bosque. Aparecían gran cantidad de rocas de naturaleza caliza a lo largo de todo el terreno.

Altitud: 2495 metros sobre el nivel del mar

Pendiente media: Como en la mayoría de los casos, la muestra se tomó en un terreno llano pero rodeado de zonas muy escarpadas.

Profundidad: Mayor a 100 cm

Descripción del perfil: El perfil presenta un color rojo fuertemente marcado. Se pueden distinguir dos horizontes debido a un ligero cambio de color y a un aparente cambio de estructura entre ellos. El primer horizonte (horizonte A) tiene un espesor de 25cm. Respecto al segundo (horizonte B), no se llegó a determinar su espesor dado que no se alcanzó la roca madre al realizar la calicata por encontrarse a demasiada profundidad. Al horizonte A, de coloración ligeramente más oscura se la codificó como muestra A. El horizonte B, se denominó muestra B. La muestra A, además de presentar un color más rojizo que B, parecía tener mejor estructura. Por otro lado, a lo largo de los primeros 25 cm hay una abundante presencia de raicillas. El horizonte B presenta sus terrones rodeados de una capa brillante probablemente de naturaleza arcillosa. No se observan piedras en todo el perfil.

Observaciones

Los terrones de la muestra A se rompen con facilidad con las manos y aparecen numerosas raíces. De un color blanco, tiene muy pocas piedras y las que tienen en ningún caso superan los 5mm. El horizonte B presenta, si cabe, menor pedregosidad que el A; podríamos decir que no presenta ningún tipo de piedras. Para romper sus terrones, hay que emplear un martillo de madera, ya que, aunque se puede hacer con las manos, es una tarea difícil. Hay que destacar que estas nuevas muestras se tomaron dado que la muestra 7, obtenida con anterioridad, no fue suficiente para determinar con base científica si estos suelos presentaban o no un horizonte ártico.

En la figura AN-19, aparecen las Muestras A y B en el laboratorio. En ambos casos en el barreño de la derecha, la muestra está aún sin moler mientras que el barreño de la izquierda, presenta la muestra tras ser molida.

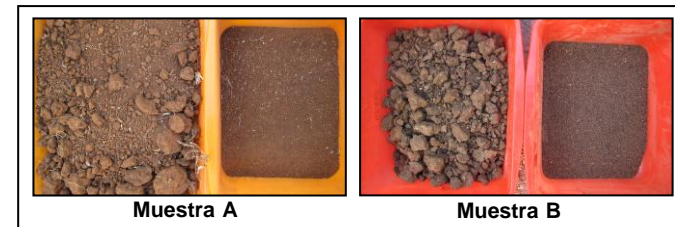


Fig AN- 19: Detalle de muestra A & B

Muestra C-D

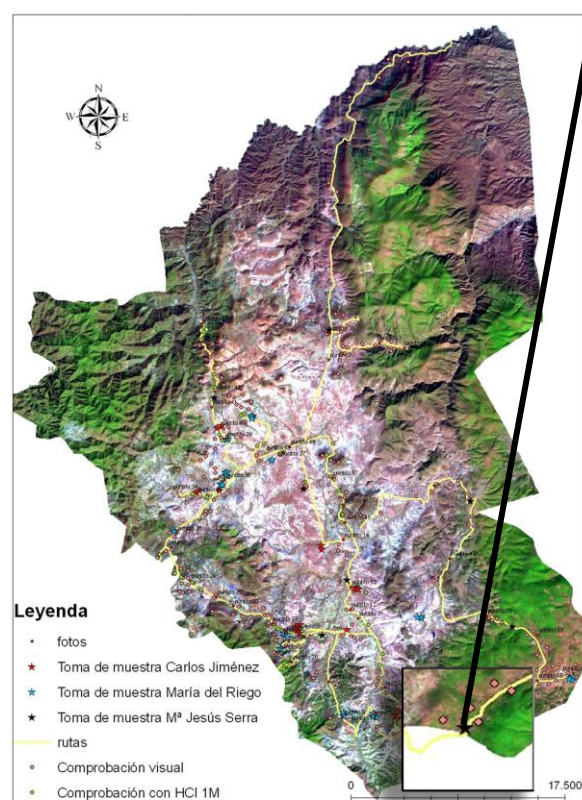


Fig.4.5: SPOT, RGB distrito de Coixtlahuaca - Desarrollo de la fase de comprobación de la información (PLANET-ACTION, 2000)

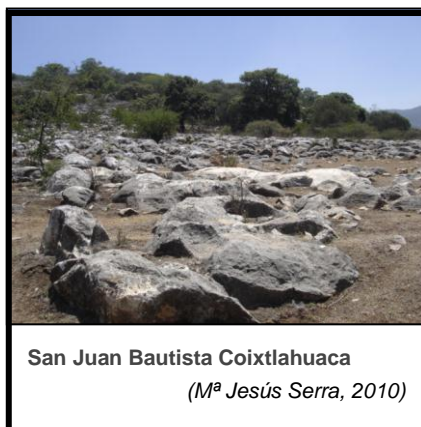


Fig AN- 20: Localización de muestras C & D

Fecha de recogida de muestra: 02/05/2010

Municipio: San Juan Bautista Coixtlahuaca

Coordenadas UTM: X = 685.079,052; Y = 1.952.115,773

Entorno: La muestra fue tomada en un pastizal cerca de un bosque de encino. Aparecían numerosas piedras de tamaños muy grandes, debajo de las cuales aparecía el suelo rojo. La vegetación del punto donde se realizó la calicata era pasto.

Altitud: 2.580metros sobre el nivel del mar

Pendiente media: Terreno llano rodeado de fuertes pendientes.

Profundidad: Mayor a 100cm

Descripción del perfil: A lo largo del perfil aparecen dos horizontes que se diferenciaron con facilidad. En primer lugar un horizonte A de 27cm de espesor, con una coloración más oscura y una textura más grumosa.

Del horizonte B no se pudo determinar su espesor exacto, ya que al hacer la calicata no se llegó a la roca madre, ni se observó un nuevo cambio de horizonte. Presentaba un color rojo-anaranjado muy intenso.

Se tomó una muestra de ambos horizontes, el horizonte A se denominó muestra D y el horizonte B se denominó muestra C.

Observaciones

El comportamiento de esta muestra, es muy similar al descrito en el caso anterior.

La muestra D, correspondiente al horizonte superficial, presentaba una estructura más grumosa y sus terrones se deshacían más fácilmente que los de la muestra C.

Las raíces eran escasas en ambos horizontes y aunque aparecía alguna piedra de color blanco, el tamaño era muy pequeño manteniéndose siempre por debajo de los 5mm.

Llamaba la atención el intenso color de la muestra C.

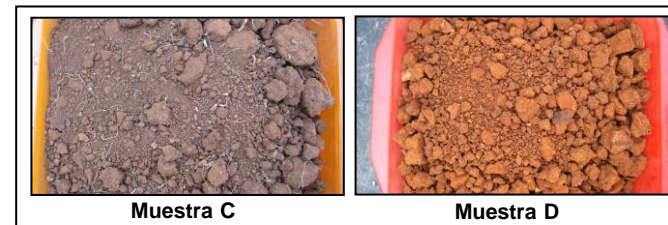


Fig AN- 21: Detalle de muestra C & D



ANEXO III:

B. PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DEL SUELO



PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DEL SUELO

Para la determinación de las diferentes unidades edáficas y la caracterización de cada una de ellas, ha sido necesaria la realización de análisis de diferentes análisis con el objetivo de determinar el pH, la conductividad, la materia orgánica, la distribución de agregados y la textura de cada una de las muestras. Para la realización de estos análisis se ha seguido las directrices Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT - 2000.

Teniendo en cuenta los objetivos del presente proyecto, se emplearon los procedimientos especificados para la determinación de la fertilidad de un suelo.

A) Procedimiento AS-01, Preparación de la muestra

Este procedimiento incluye el traslado, la recepción registro, secado, molienda tamizado y homogeneizado. Durante estos procesos es de vital importancia evitar la contaminación de la muestra, dado que los elementos a estudiar normalmente se encuentran a muy bajas concentraciones y cualquier intromisión externa puede provocar grandes variaciones en los resultados. La muestra se trajo de campo en bolsas únicamente dedicadas a esta labor y fueron etiquetadas sobre el terreno. Las muestras correspondientes a la primera fase de campo, se numeraron con números del 1 al 10. Más tarde, debido a un error en la toma de una de las muestras, se hizo necesario volver a campo y tomar otras 4 muestras. Estas se nombraron según las letras de abecedario de la A a la D. Cada muestra fue documentada tal y como se puede ver en las fichas de campo, con la localización exacta de donde fue tomada, una breve descripción del entorno donde había sido recogida, una descripción del perfil, incluyendo su profundidad y el espesor de los horizontes que lo conformaban y un apartado de observaciones para incluir cualquier tipo de información que se considerara de interés.

Secado

Para el proceso de secado se colocaron las muestras en barreños de plástico, extendiéndolas, de manera que el espesor de la capa formada sobre la base del barreño fuera lo menor posible. Dada la gran humedad de la mayor parte de las muestras, esta fase se prolongó durante tres semanas. Una vez en finalizada, se estudiaron con detenimiento los requerimientos de muestra para cada análisis. Así, para la mayoría de las determinaciones que se iban a llevar a cabo, se necesitaba una cierta cantidad de muestra molida y tamizada a dos mm. Sin embargo, para el análisis de distribución de agregados, se requería que los agregados estuvieran intactos. Debido a esto, se dividió la muestra en dos alícuotas iguales, teniendo especial cuidado que ambas partes fueran representativas de toda la muestra. Con una de las mitades se continuó el proceso de preparación. La otra, ya estaba lista para la determinación para la que había sido recogida.



Fig AN- 22: Muestras molidas y sin moler tras el proceso de preparación
(M^a Jesús Serra, 2010)

En la Tabla AN-1, se recoge la el peso total de muestra recogida y el peso destinado a agregados, así como el que se iba a destinar a continuar el proceso de preparación.

Molienda

Este proceso no se llevó a cabo en las muestras separadas para el análisis de distribución de agregados, las cuales, tras el proceso de secado, ya estaban listas para ser analizadas. Antes de llevar a cabo la molienda, se retiraron las piedras visibles en las diferentes muestras y los fragmentos de materia orgánica. La molienda se llevo a cabo con un mazo de madera.



Muestra	P total (g)	P agregados (g)	P resto (g)
1	2844	1456,7	1387,30
2	3007,05	1221,25	1785,80
3	4913	2572,5	2340,50
4	4656,2	2756,6	1899,60
5	3453,55	1782,95	1670,60
6	5338,6	2995,2	2343,40
7	4172,95	2524,85	1648,10
8	4551,55	3044,85	1506,70
9	4977,75	2675,8	2301,95
10	3856,8	2682,65	1174,15
A	4826,95	3042,3	1784,65
B	4951,65	2382,3	2569,35
C	5176,5	3718,65	1457,85
D	4517,2	2993,45	1523,75

Tabla AN- 1: Peso de la muestra recogida, peso destinado a agregados y peso que destinado a continuar el proceso de preparación

Tamizado y homogeneizado

El suelo molido se hizo pasar por un tamiz con abertura de dos mm de acero inoxidable. Por último, se mezcló cuidadosamente toda la muestra.

B) Procedimiento AS-02; pH y conductividad

El pH se trata de una de las mediciones más comunes e importantes en los análisis del suelo dado que controla una gran cantidad de reacciones químicas y biológicas.

Reactivos empleados

Agua desionizada y una solución reguladora de referencia 7.00

Principio y aplicación

La evaluación se basa en un método electrométrico por el que se mide la actividad del ión H^+ mediante la utilización de un electrodo cuya membrana

es sensible a este ión.



Fig AN- 23: Medidor de pH
(M^a Jesús Serra, 2010)

Material y equipo

Medidor de pH equipado con electrodo de vidrio en combinación con electrodo de referencia, balanza con 0,1 g de sensibilidad, frascos de vidrios de boca ancha, pipeta volumétrica de 20 ml, varilla de vidrio que sirva como agitador manual, piceta y cronómetro,

Procedimiento

Se pesaron 20 g de suelo preparado en un frasco de vidrio de boca ancha. Se adicionaron 40 ml de agua desionizada (las cantidades pueden variar siempre que la relación suelo: agua sea 1:2). Con la varilla de vidrio se agitó manualmente cada muestra a intervalos de 5 minutos durante 30 minutos. Una vez terminadas las mediciones de pH, se procedió a la medición de la conductividad. A pesar de que según la norma este análisis se realiza mediante extracto de pasta saturada, debido a que esta técnica requiere mucha cantidad de muestra y de esfuerzo, se procedió a una técnica más sencilla para obtener determinaciones aproximadas. El procedimiento que se siguió fue el siguiente. A las muestras anteriores, donde se acababa de medir el pH, se le añadieron 60 ml de agua, de manera que la proporción suelo: agua cambiara a 1:5.

A partir de aquí, se procedió a la medición de la conductividad con un conductrímtero, utilizando una disolución reguladora 1413 dS/cm.

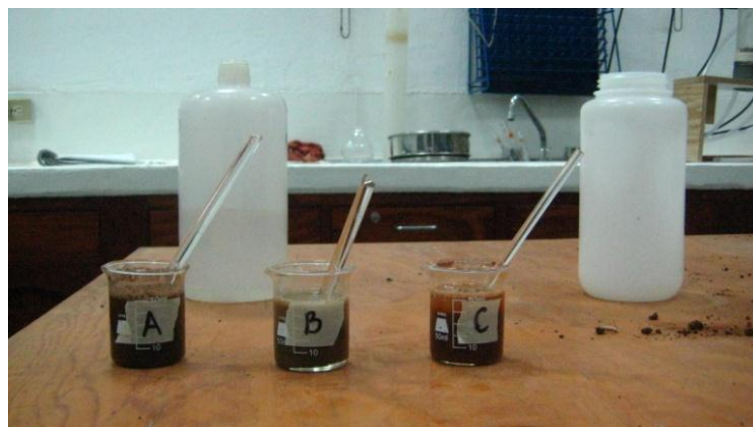


Fig AN- 24: Muestras A-B-C durante la determinación de pH
(M^a Jesús Serra, 2010)

Los resultados obtenidos se exponen en la tabla AN-2:

Muestra	Ph	Interpretación pH	Cond (dS/cm)	Interpretación Cond
1	7,9	Medianamente alcalino	105	Salinidad despreciable
2	7,9	Medianamente alcalino	146	Salinidad despreciable
3	7,5	Medianamente alcalino	63	Salinidad despreciable
4	7,6	Medianamente alcalino	67	Salinidad despreciable
5	7,2	Neutro	117	Salinidad despreciable
6	6,2	Moderadamente ácido	40	Salinidad despreciable
7	6,4	Moderadamente ácido	35	Salinidad despreciable
8	6,4	Moderadamente ácido	57	Salinidad despreciable
9	8,2	Medianamente alcalino	107	Salinidad despreciable
10	7,7	Medianamente alcalino	98	Salinidad despreciable
A	5,6	Moderadamente ácido	-	-
B	6,7	Neutro	-	-
C	5,6	Moderadamente ácido	-	-
D	5,8	Moderadamente ácido	-	-

Tabla AN- 2: Resultados de pH y conductividad y sus interpretaciones

Al realizar los análisis de conductividad por el método narrado anteriormente, los valores obtenidos fueron muy bajos ya que la conductividad nunca supera los 146 dS/cm. Para que un suelo sea considerado “muy ligeramente

salino”, la conductividad debe ser mayor a 1000 dS/cm, cifra muy alejada del dato anterior. Por esta razón, esta variable se dejó de contemplar entre las necesarias para determinar y caracterizar cada tipo de suelo. Este es el motivo por el cual, durante la realización del segundo turno de análisis, no se determinó el valor de la conductividad.

C) Procedimiento AS-07; Materia orgánica

La presencia de materia orgánica en un suelo, es un indicador fiable y relativamente directo de la cantidad de nutrientes presentes en el mismo.

Para llevar a cabo este análisis se siguió el procedimiento AS-7 con algunas modificaciones debido a la disponibilidad de reactivos.



Fig AN- 25: Preparación de muestras para la determinación de la materia orgánica
(M^a Jesús Serra)

Principio y aplicación

La determinación está basada en el método de Walkley y Black. Este método se basa en la oxidación del carbono orgánico del suelo por medio de una disolución de Dicromato de potasio y el calor de reacción que se genera al mezclarla con ácido sulfúrico concentrado. Después de un cierto tiempo en el que se produce la digestión del carbono orgánico, la mezcla se diluye, se añade ácido fosfórico para evitar interferencias con el Fe^{3+} y el dicromato de potasio residual se valora con sulfato ferroso. Así se detectan entre el 70 y el 84% del carbono orgánico por lo que finalmente se aplica un factor de corrección.

Reactivos

Dicromato de potasio 1N y 0,1 N, Ácido sulfúrico concentrado, Ácido fosfórico concentrado, indicador de difenilamina, sulfato ferroso amoniacal 0,5 N, agua desionizada.

Material

Matraces erlenmeyer, bureta, pipetas volumétricas (10 ml), probeta de vidrio, balanza analítica.



Fig AN- 26: Muestras 5-10 tamizadas a 0,5 mm y preparadas para ser pesadas
(M^a Jesús Serra, 2010)

Procedimiento

En primer lugar se procedió a la preparación de todos los reactivos. A



Fig AN- 27: Titulación del blanco
(M^a Jesús Serra, 2010)

continuación, se pesaron 0.5 g de suelo pasados por un tamiz de 0,5 mm y se colocaron en un matraz Erlenmeyer. Es necesario procesar un blanco en el que se siga el mismo procedimiento que con cada muestra, sin adicionarle suelo. Se hicieron dos turnos uno de 10 muestras y otro posterior con las cuatro restantes, para cada uno de los cuales, se procesó un blanco diferente

Se adicionaron 10 ml de dicromato de potasio 1 N girando el matraz para que entrara en contacto con todo el suelo. A continuación, se agregaron 20 ml de ácido sulfúrico concentrado y se agitó suavemente. Se dejó reposar durante 30 minutos,



tras los cuales, se diluyó añadiendo 200 ml de agua desionizada. Una vez hecho esto, se agregaron 5 ml de ácido fosfórico concentrado y entre 5 y 10 gotas de indicador de difenilamina.

A continuación se preparó un estándar, en otro matraz Erlenmeyer con 200 ml de agua, 5 ml de ácido fosfórico concentrado, 20 ml ácido sulfúrico concentrado y unas gotas de indicador. Con esta disolución, se procedió a titular el sulfato ferroso amoniacal. Este proceso, cuyo objetivo es determinar la normalidad exacta del sulfato ferroso amoniacal, consiste en ir añadiendo gota a gota sulfato ferroso amoniacal a la disolución denominada estándar. Para este paso, se empleó la bureta. En un momento dado, el estándar cambia de un color marrón-anaranjado a un azul muy claro. Se toma nota de la cantidad de sulfato ferroso amoniacal necesario para llegar a este punto. A continuación, el mismo procedimiento se repite con todas las muestras empezando por el blanco. Tanto el blanco como el estándar se deben repetir para cada turno, ya que con el paso del tiempo, la normalidad de la disolución de sulfato ferroso amoniacal va variando. Por último, con la ayuda de la bureta, se titularon una a una las 14 muestras y así:

→ Titulación de sulfato ferroso amoniacal (Muestras de la 1 a la 10)

Volumen de dicromato de potasio 0,1 N (V_1) = 10 ml

Volumen de sulfato ferroso amoniacal (V_2) = 2,6 ml

$$V_1 \times N_1 = V_2 \times N_2$$

$$10 \text{ ml} \times 0,1 \text{ N} = 2,6 \times N_2$$

$$N_2 = 0,38 \text{ N}$$

→ Titulación de sulfato ferroso amoniacal (Muestras A, B, C y D)

Volumen de dicromato de potasio 0,1 N (V_1) = 10 ml

Volumen de sulfato ferroso amoniacal (V_2) = 2,8 ml

$$V_1 \times N_1 = V_2 \times N_2$$

$$10 \text{ ml} \times 0,1 \text{ N} = 2,8 \times N_2$$

$$N_2 = 0,36 \text{ N}$$



Para los cálculos se empleó según corresponde a cada muestra una normalidad u otra y así finalmente, los resultados obtenidos se exponen en la tabla AN-3

Muestra	P (g)	ml Estándar	ml Blanco	ml muestra	%Coxidado	%M.O.	Interpretación
1	0,50	2,60	20,50	17,20	0,99	1,71	Medio
2	0,50	2,60	20,50	18,70	0,54	0,93	Bajo
3	0,50	2,60	20,50	19,20	0,39	0,67	Bajo
4	0,50	2,60	20,50	18,30	0,66	1,14	Bajo
5	0,50	2,60	20,50	12,20	2,49	4,29	Alto
6	0,50	2,60	20,50	16,80	1,11	1,91	Medio
7	0,50	2,60	20,50	13,10	2,22	3,83	Alto
8	0,50	2,60	20,50	15,60	1,47	2,53	Medio
9	0,50	2,60	20,50	17,30	0,96	1,66	Medio
10	0,50	2,60	20,50	20,00	0,15	0,26	Muy bajo
A	0,50	2,80	21,00	14,50	1,81	3,12	Medio
B	0,50	2,80	21,00	19,00	0,56	0,96	Bajo
C	0,50	2,80	21,00	19,70	0,36	0,62	Bajo
D	0,50	2,80	21,00	15,00	1,67	2,88	Medio

Tabla AN- 3: Resultados de análisis de materia orgánica y su interpretación

Para determinar el % de C oxidado se ha empleado la siguiente expresión:

$$\% \text{ C oxidado} = (ml \text{ Blanco} - ml \text{ muestra}) \times 0,39/N_2$$

Para determinar el % de Materia Orgánica se empleó el factor de corrección 1,724.

D) Procedimiento AS-09; Textura

La textura define la proporción relativa de cada grupo dimensional de partículas proporcionando por tanto una idea general de importantes propiedades físicas del suelo como la Capacidad de Retención de Agua (CRA) o la permeabilidad.

Principio y aplicación

El método empleado es el procedimiento de Bouyoucos. El principal problema para llevar a cabo esta determinación es conseguir la eliminación de los agregados para analizar solo las partículas. Para eso, se va a someter la muestra a unos tratamientos que eliminarán la agregación debida a la materia orgánica y a la floculación causada por los cationes calcio y magnesio. Sin embargo no se eliminan otros cementantes como el carbonato de calcio.

Reactivos

Agua oxigenada 30 %, oxalato de sodio saturado, metasilicato de sodio, hexafosfato de sodio y agua desionizada.

Material y equipo

Hidrómetro de Bouyoucos, cilindro de Bouyoucos, vasos de precipitados de 500 ml, agitador con motor de dispersión, agitador de mano, termómetro y estufa.

Procedimiento

En primer lugar se procedió a diluir el agua oxigenada al 30% al 6%. El motivo es que se consideró suficiente esta concentración y no se disponía de mucho reactivo.

Se pesaron 120 g de suelo de cada muestra y se colocaron en un vaso de precipitados de



Fig AN- 28: Muestras secándose en la estufa
(M^a Jesús Serra, 2010)

vidrio con capacidad de 500 ml. Se le añadieron entre 80 y 160 ml de agua oxigenada al 6%. La cantidad variaba dependiendo de la reacción observada

al mezclar el suelo con el agua oxigenada. Cuando se observaba que al añadir nuevamente el peróxido de hidrógeno a la muestra, no burbujeaba más, se dejaba de añadir. A continuación, las muestras se pusieron en la estufa hasta llegar a sequedad.

El siguiente paso fue preparar 50 g de muestra preparada y colocarla en un vaso de precipitados. Se añadió agua desionizada hasta cubrir la muestra dejando una lámina de dos o tres cm por encima de ella. Se añadieron 5 ml de oxalato de sodio y se dejó reposar 20 minutos. Por último, para finalizar esta primera fase, las muestras se llevaron al sonicador, que las agitó mediante vibraciones durante 5 minutos.

Una vez totalmente preparadas las muestras, la disolución anterior se colocó en el cilindro de Bouyoucos, poniendo mucha atención para que todas las partículas entrasen en el nuevo recipiente. Tras esto, se introdujo en el cilindro el hidrómetro de Bouyoucos y se enrasó a un litro.

Después se procedió a sacar de nuevo el hidrómetro y agitar, mediante el agitador de mano, hasta garantizar que todo el suelo quedase en suspensión. Se tomaron dos lecturas con el hidrómetro, una a los 40 segundos y otra a las dos horas. Veinte segundos antes de hacer la lectura, se introducía el hidrómetro e inmediatamente a continuación de haberlo hecho se tomaba la temperatura.

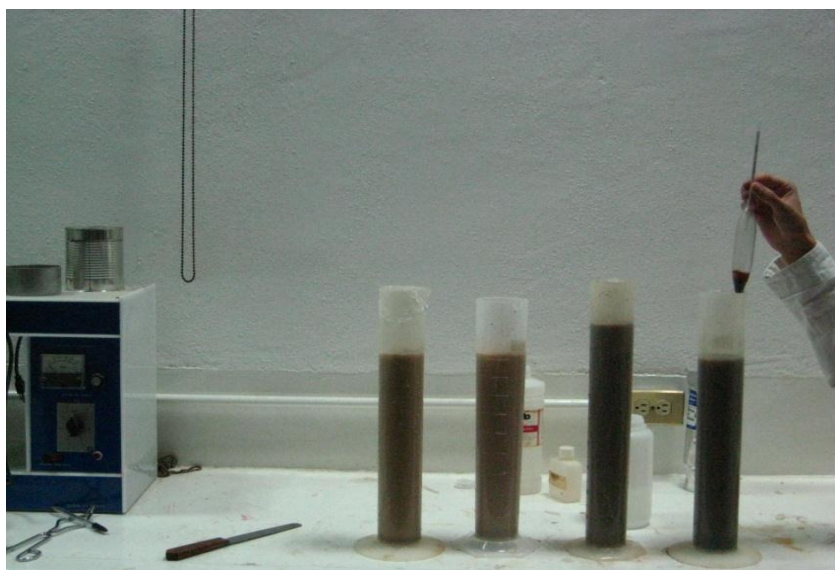


Fig AN- 29: Cilindros e hidrómetro de Bouyoucos durante la toma de la segunda lectura
(M^a Jesús Serra, 2010)



En los cálculos, se deben corregir las lecturas del hidrómetro agregando 0,36 por cada grado centígrado arriba de 19,5 °C y restando la misma cantidad por cada grado debajo de dicha temperatura. La primera lectura multiplicada por dos se corresponde con el porcentaje de arcilla más limo, por lo que la determinación de arena se hace restándole a 100 % dicho dato. La segunda lectura multiplicada por dos es el porcentaje de arcilla. El porcentaje de limo se obtiene por la diferencia teniendo en cuenta, que como es evidente, la suma de arcilla, limo y arena debe ser 100. Estos cálculos y el resultado final, se encuentran en la tabla AN-4.



Muestra	L1	T1(°C)	L2	T2(°C)	L1 Correg	L2 Correg	%arc+limo	%arcilla	%limo	%arena	Interpretación
1	21,5	24,0	4,5	26,0	23,1	29,8	46,24	13,68	32,56	53,76	franco-arenoso
2	15,5	24,0	2,5	26,0	17,1	21,7	34,24	9,68	24,56	65,76	franco-arenoso
3	27,0	23,0	8,0	26,0	28,3	37,2	56,52	20,68	35,84	43,48	franco
4	22,0	23,5	6,5	26,5	23,4	30,4	46,88	18,04	28,84	53,12	franco-arenoso
5	11,0	24,0	0,5	26,5	12,6	15,5	25,24	6,04	19,20	74,76	franco-arenoso
6	20,5	27,0	1,5	30,0	23,2	28,9	46,40	10,56	35,84	53,60	franco-arenoso
7	9,0	28,0	2,5	27,0	12,1	13,3	24,12	10,40	13,72	75,88	franco-arenoso
8	16,0	26,5	5,0	30,0	18,5	22,7	37,04	17,56	19,48	62,96	franco-arenoso
9	23,0	27,0	3,0	30,0	25,7	32,3	51,40	13,56	37,84	48,60	franco
10	21,0	27,0	6,5	30,0	23,7	29,5	47,40	20,56	26,84	52,60	franco-arcilloso-arenoso
A	20,0	29,5	4,5	28,5	23,6	7,7	47,20	15,48	31,72	52,80	franco-arenoso
B	26,0	29,0	7,0	28,0	29,4	10,1	58,84	20,12	38,72	41,16	franco
C	24,5	29,5	19,5	29,0	28,1	22,9	56,20	45,84	10,36	43,80	arcilloso
D	20,5	29,0	5,5	29,0	23,9	29,1	47,84	17,80	30,04	52,16	franco-arenoso

Tabla AN- 4: Resultados de textura y su interpretación

E) Distribución de agregados

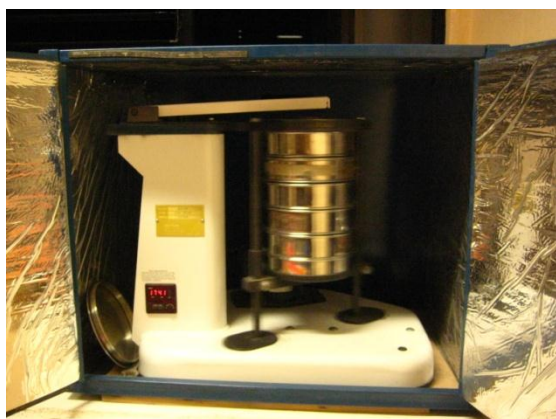
La distribución de agregados, nos aporta una idea de ciertas cualidades físicas del suelo, como por ejemplo su susceptibilidad al encostramiento o a la erosión eólica. Este tipo de análisis, no se encuentra recogido en la norma que se ha utilizado para el resto de análisis. Hay que recordar que para este experimento se empleará la fracción de muestra que se separó al principio, durante la fase de preparación de la muestra, es decir, la mitad sin moler.

Principio y aplicación

Este método consiste en introducir la muestra en una cadena de tamices sometida a una vibración constante durante 20 minutos tras los cuales se analiza la distribución de los agregados en los diferentes tamices a través del peso.

Reactivos

No es necesario el empleo de ningún reactivo



Material y equipo

Se requiere un agitador de tamices acoplable a la torre de tamices, torre de tamices (incluye cinco tamices de 4'7, 2,1, 0'5, 0,25 mm y una base), un tamiz de 6'35 mm, báscula de precisión 0,05 g.

Fig AN- 30: Agitador de tamices con torre de tamices acoplada
(M^a Jesús Serra, 2010)

Procedimiento

Los terrones de gran tamaño que conforman la muestra se deshicieron manualmente. A continuación, se tomó una alícuota representativa de toda la muestra de la muestra, de manera que al quitarle los agregados más gruesos con el tamiz de 6,35 mm quedará una cantidad que más o menos rellenara un tamiz. Antes de tamizar la alícuota, se pesó y justo después de

tamizarla a 6,35 mm se pesaron los agregados más gruesos que habían quedado atrapados en este tamiz. El resto de suelo, se introdujo en la torre de tamices, en la parte superior (tamiz de 4,70 mm) y la torre a su vez se introdujo en el agitador de tamices durante veinte minutos. Pasado este tiempo,



Fig AN- 31: Tamiz de 6,35 y muestra 3
(M^a Jesús Serra, 2010)

cada tamiz tenía una cantidad variable de muestra, en función del diámetro de los distintos agregados, procediéndose a pesarlas.

Los datos obtenidos se muestran en la tabla AN-5.

Muestra	Peso (g)	P>6,35mm	P>4,7mm	P>2mm	P>1mm	P>0,5mm	P>0,25	P<0,25
1	1456,70	549,55	3,30	271,15	170,10	133,05	131,40	198,15
2	1221,25	398,70	2,80	303,15	181,50	122,00	103,90	109,20
3	2572,50	1825,50	47,05	379,80	158,55	91,30	45,45	24,85
4	2756,60	1601,85	39,70	510,85	256,70	171,90	104,55	71,05
5	1782,95	434,25	9,45	513,00	319,10	210,25	156,35	140,55
6	2995,20	2169,30	53,55	418,65	143,45	77,05	50,10	83,10
7	2524,85	1454,90	34,45	526,55	254,00	124,65	70,85	59,45
8	3044,85	2849,40	10,90	85,45	37,90	27,95	20,35	12,90
9	2675,80	390,50	1,55	97,65	190,20	300,05	408,15	1287,70
10	2682,65	2159,25	26,25	233,75	102,80	65,55	48,25	46,80
A	3042,30	1721,55	8,50	317,90	288,95	283,10	306,10	508,35
B	2332,30	909,05	22,50	415,90	228,45	129,35	64,25	46,60
C	3718,65	1717,70	56,70	814,65	353,50	196,65	133,70	184,90
D	2993,45	1742,65	10,20	323,75	92,55	72,15	30,50	721,65

Tabla AN- 5: Datos del análisis "Estructura de agregados"



A partir de estos datos, se decidió obtener en cada muestra el Diámetro Medio Ponderado. Para este cálculo, se supone que el diámetro de las partículas que pasan un determinado tamiz, pero quedan atrapadas en el siguiente, es un diámetro igual a la media del tamaño de la malla de ambos tamices, inferior y superior. A partir de aquí, se calcula el Diámetro Medio Ponderado, haciendo la ponderación en función del peso de muestra que queda entre cada dos tamices. El desarrollo detallado del cálculo de este dato, se expone de forma detallada para una muestra y a continuación, del resto, se expone el resultado.

Muestra	P(g)	Tamiz(mm)	g muestra	%muestra	media tamiz(mm)	DMP
1	903,85	4,70				1,51
		2,00	271,15	30,00	3,35	
		1,00	170,10	18,82	1,50	
		0,50	133,05	14,72	0,75	
		0,25	131,40	14,54	0,38	
		<0,25	198,15	21,92	0,25	

Tabla AN- 6: Cálculo del Diámetro Medio Ponderado para la muestra 1

El Diámetro Medio Ponderado óptimo para el correcto desarrollo de los cultivos, se encuentra entre 1 y 2 mm. Sin embargo, si no se presentan diámetros muy alejados de estas magnitudes, es difícil prever el impacto que esto tendría sobre el desarrollo de la vegetación.

En la tabla AN-7, se puede observar, como en casi todos los casos, el DMP se encuentra entre 1 y 2 mm y en caso de no encajar en este intervalo, queda muy cerca de los límites. Por tanto, este dato no sirve a la hora de determinar una clara diferencia entre dos suelos desde el punto de vista de su aptitud para el uso agrícola. Por este motivo, no se va a emplear este dato en la caracterización de los suelos que atañe a la realización de los dos modelos ALES y USDA.

Muestra	DMP (mm)
1	1,51
2	1,76
3	2,29
4	2,05
5	1,83
6	2,22
7	2,20
8	2,03
9	0,57
10	2,04
A	1,27
B	2,05
C	2,04
D	1,68

Tabla AN- 7: DMP



ANEXO IV:

ENTREVISTAS



Santa María Jicotlán, cabeza de municipio

1. Mujer, 52 años y Hombre 65 años

- **¿Cree que hay mucha emigración? ¿Por qué? ¿A dónde han emigrado sus hijos? ¿Piensan volver a vivir aquí?**

Piensa que hay mucha emigración y que el motivo son los estudios. La gente que sale a estudiar y ya no vuelve. Pero la mayoría es dentro de México, ya que no se van a estudiar fuera. No cree que vuelvan.

- **¿Fertilizan la tierra? ¿Está contenta con el rendimiento que tiene? ¿La deja descansar? ¿Dispone de sistema de riego?**

Está segura de que la gente fertiliza la tierra porque lo ha visto pero no sabe con qué

- **¿Qué cultiva? ¿Ha notado usted que se haya reducido la producción en los últimos años? ¿Dispone de maquinaria? ¿Vende algo de lo que produce?**

Cultivan principalmente frijol y trigo. No ha notado que se haya reducido la producción. Ya casi nadie emplea la yunta, solo el tractor aunque nadie tiene uno propio. Todo lo que se produce está destinado al autoconsumo.

- **¿Realiza algún tipo de artesanía? ¿La vende?**

La comunidad de Santa María Jicotlán era famosa antes por su pan de pulque. En este pan en lugar de levadura se empleaba pulque, jugo proveniente de los ágaves. Pero la huida de la gente hacia las ciudades ha acabado con esta tradición y sólo queda una panadería en el pueblo.

- **¿Tiene usted algún tipo de ganado? ¿el estado le exige alguna medida de conservación? ¿Vende algún producto relacionado con su ganado? ¿Considera que el número de cabezas en su comunidad ha aumentado o disminuido?**

Casi todo el mundo tiene ganado, aunque no se venda ningún producto aparte del animal entero. No hay ninguna limitación respecto a qué tipo de ganado o cuanto se puede tener, pero a pesar de eso cada vez hay menos. La gente está concienciada de que hay que proteger los montes y saben que con el ganado se ejerce una presión fuerte sobre ellos. La mayor parte del ganado es ovino.

- **¿Conoce los programas del estado? ¿Los usa? ¿Funcionan bien?**

No conoce los programas del estado, porque se ocupan de la tienda y no tienen necesidad de ello.



- **¿Cómo se distribuye la propiedad de la tierra? ¿Las mujeres tienen terrenos? ¿Qué papel tiene la mujer en la casa y en el campo?**

Como hay pocos operadores que se puedan contratar, la mujer y el hombre trabajan juntos en el campo. El hombre maneja el tractor mientras que la mujer va detrás sembrando. Dice que hay muchas mujeres comuneras y que ya ha pasado que las mujeres ocupen puestos importantes. De hecho en este momento, el cargo de Tesorero lo ocupa una mujer.

Santa Catarina Ocotlán, agencia de Coixtlahuaca

2. Mujer que cuida de la presidencia ya que los hombres están en el tequio, 80 años

- **¿Cree que hay mucha emigración? ¿Por qué? ¿A dónde han emigrado sus hijos? ¿Piensan volver a vivir aquí?**

No hay emigración, el pueblo tiene mucha gente joven, quédense y compruébenlo, nos invita a casarnos con algún lugareño y a aprender a tejer sombreros de paja.

- **¿Fertilizan la tierra? ¿Está contenta con el rendimiento que tiene? ¿La deja descansar? ¿Dispone de sistema de riego?**

La tierra se fertiliza con el abono de los toros y de los pollos, nadie dispone de sistema de riego, es suficiente con la lluvia. Está contenta con el rendimiento de la tierra y dice que siempre ha sido bueno y no ha empeorado.

- **¿Qué cultiva? ¿Ha notado usted que se haya reducido la producción en los últimos años? ¿Dispone de maquinaria? ¿Vende algo de lo que produce?**

Cultiva trigo, junto con su marido, no vende nada, es solo para el autoconsumo y no dispone de maquinaria, las labores se llevan a cabo con la yunta y el buey.

- **¿Realiza algún tipo de artesanía? ¿La vende?**

Hace sombreros del palma, de hecho durante la entrevista no paró ni un segundo de tejer. La palma no la recoge del campo sino que la compra en Nochixtlán, el municipio de al lado, que ya no pertenece al distrito de Coixtlahuaca.



- **¿Tiene usted algún tipo de ganado? ¿el estado le exige alguna medida de conservación? ¿Vende algún producto relacionado con su ganado? ¿Considera que el número de cabezas en su comunidad ha aumentado o disminuido?**

No tiene ganado porque no puede sacarlos a que se alimenten, ya que se ha hecho mayor. No sabe si hay más ganado o menos que antes en el pueblo.

- **¿Conoce los programas del estado? ¿Los usa? ¿Funcionan bien?**

No conoce ni usa los programas del estado

- **¿Cómo se distribuye la propiedad de la tierra? ¿Las mujeres tienen terrenos? ¿Qué papel tiene la mujer en la casa y en el campo?**

Ella no tiene tierras, las tiene su marido y él es el que acude a las Asambleas. Ayuda a su marido en el campo, ya que mientras él dirige al buey con la yunta, ella va caminando detrás y sembrando.

3. Mujer, 20 años, tendiendo la ropa en el patio de su casa

- **¿Cree que hay mucha emigración? ¿Por qué? ¿A dónde han emigrado sus hijos? ¿Piensan volver a vivir aquí?**

Hay mucha emigración. Nadie se quiere quedar a vivir en el pueblo. De sus seis hermanos, sólo una se ha quedado en el pueblo para cuidar a sus padres. Ella también emigró, se fue a México DF, pero se quedó embarazada y no podía tener al niño allí así que volvió. Ahora su niño tiene dos años. Dice que es fácil ganarse la vida en el pueblo, no tienes las comodidades que tienes en la ciudad y ganas mucho menos, pero también gastas mucho menos. En principio ella se va a quedar a vivir aquí, pero sabe que se trata de un caso aislado.

- **¿Fertilizan la tierra? ¿Está contenta con el rendimiento que tiene? ¿La deja descansar? ¿Dispone de sistema de riego?**

Tiene sus propias tierras dado que es madre soltera. Las fertiliza con abono de sus pollos y toros, pero no las riega. Está contenta con el rendimiento que tienen porque dice que es suficiente para lo que ella necesita. No las deja descansar más de seis meses nunca, pero sólo hace un cultivo al año.

- **¿Qué cultiva? ¿Ha notado usted que se haya reducido la producción en los últimos años? ¿Dispone de maquinaria? ¿Vende algo de lo que produce?**

Cultiva trigo y cereales. No usa ninguna maquinaria. La yunta y el buey los contrata.



La mayor parte de lo que produce es para autoconsumo aunque alguna vez le sobra algo y lo vende a la gente del pueblo en su tienda.

- **¿Realiza algún tipo de artesanía? ¿La vende?**

No realiza ningún tipo de artesanía porque no es rentable. Sin embargo sí sabría hacerla, la enseñaron de pequeña a hacer sombreros de palma

- **¿Tiene usted algún tipo de ganado? ¿el estado le exige alguna medida de conservación? ¿Vende algún producto relacionado con su ganado? ¿Considera que el número de cabezas en su comunidad ha aumentado o disminuido?**

Tiene 15 cabras en un ranchito y un joven contratado para que las saque a pastar. Claramente el número de cabezas de ganado ha disminuido. En su caso, el rancho antes disponía de 300 cabras y ahora solo 15. No aprovecha la leche de las cabras, ni tampoco se alimenta de su carne. En caso de necesidad, vende una para salir del paso.

- **¿Conoce los programas del estado? ¿Los usa? ¿Funcionan bien?**

Conoce el Procampo, pero sus tierras no están inscritas en él dado que su padre no lo hizo en su momento. No conoce el resto de los programas, pero no muestra ningún interés por ellos.

- **¿Cómo se distribuye la propiedad de la tierra? ¿Las mujeres tienen terrenos? ¿Qué papel tiene la mujer en la casa y en el campo?**

Ella es comunera y dispone de sus propias tierras dada su condición de madre soltera. Vota como una más en las Asambleas. Tiene la obligación de ir al tequio, pero no puede dado que debe de cuidar a su bebe, así que cada vez que se organiza uno debe pagar la multa correspondiente, que en el caso de su comunidad son 100 pesos. Ella se ocupa de todas las labores de la casa y del campo y, como no puede sola, contrata a gente para que la ayude, especialmente cuando los trabajos requieren fuerza física.

4. Matrimonio tomando pulque en su casa, 84 años

- **¿Cree que hay mucha emigración? ¿Por qué? ¿A dónde han emigrado sus hijos? ¿Piensan volver a vivir aquí?**

Hay mucha emigración y eso hace que se hayan quedado solos en el pueblo. Ninguno de sus seis hijos se ha quedado y eso les hace a ellos tener que trabajar



mucho. No piensan volver, aunque de vez en cuando vienen de visita. Sus hijos se han ido a México DF, a Puebla o a otros estados de México, ninguno a E.E.U.U.

- **¿Fertilizan la tierra? ¿Está contenta con el rendimiento que tiene? ¿La deja descansar? ¿Dispone de sistema de riego?**

Fertilizan la tierra con el abono que consiguen de los pollos. Hace dos cultivos al año, y de hecho ahora mismo está recogiendo la segunda cosecha. Cada dos o tres años, deja descansar la tierra un año. Nunca deja de cultivar, sino que se ha dividido el terreno para poder hacerlo de esta forma. No dispone de sistema de riego.

- **¿Qué cultiva? ¿Ha notado usted que se haya reducido la producción en los últimos años? ¿Dispone de maquinaria? ¿Vende algo de lo que produce?**

Cultiva maíz y cree que el rendimiento es el mismo que el que ha tenido durante toda la vida. No dispone de ninguna maquinaria y, él y su mujer asumen todas las labores del campo. Todo lo que produce es para el autoconsumo, no vende nada.

- **¿Realiza algún tipo de artesanía? ¿La vende?**

Ni él ni su mujer hacen ninguna artesanía. Su mujer sabe tejer sombreros de palma, pero hace ya mucho tiempo que no lo hace.

- **¿Tiene usted algún tipo de ganado? ¿el estado le exige alguna medida de conservación? ¿Vende algún producto relacionado con su ganado? ¿Considera que el número de cabezas en su comunidad ha aumentado o disminuido?**

No tiene ganado porque ya no puede sacarlo a pastar, aunque sí que tuvo en el pasado cuando sus piernas aún se lo permitían. Está seguro de que en el pueblo hay mucho menos ganado que antes, lo achaca a la falta de gente joven para pastorear.

- **¿Conoce los programas del estado? ¿Los usa? ¿Funcionan bien?**

No conoce los programas del estado, ni siquiera Procampo. Su mujer tampoco, aunque en un principio lo confunden con la pensión que reciben por su avanzada edad y dicen estar muy contentos con ella aunque les ha costado mucho conseguirla.

- **¿Cómo se distribuye la propiedad de la tierra? ¿Las mujeres tienen terrenos? ¿Qué papel tiene la mujer en la casa y en el campo?**

Las tierras son de Don Ignacio, pero su mujer lo dice con orgullo. Ella no tiene terrenos. Ayuda a su marido en el campo, tanto en la siembra como a la hora de clasificar el maíz, labor que lleva a cabo mientras mantenemos esta conversación. Ya no tienen obligación de ir al tequio dado que en su comunidad, quedan exentos una



vez cumplidos los 65 años.

5. Tres señoras trillando, tres generaciones, 27, 49 y 72 años

- **¿Cree que hay mucha emigración? ¿Por qué? ¿A dónde han emigrado sus hijos? ¿Piensan volver a vivir aquí?**

Hay mucha emigración, de hecho, la chica joven está solo de visita y no vive ya en el pueblo, trabaja en México DF. Dice que por ahora no piensa volver, pero no sabe que hará cuando se asiente.

- **¿Fertilizan la tierra? ¿Está contenta con el rendimiento que tiene? ¿La deja descansar? ¿Dispone de sistema de riego?**

No disponen de sistema de riego, ni fertilizan ya que no disponen de ningún ganado. Hacen dos cultivos al año, y de hecho ahora están recogiendo el segundo. La tierra descansa un año cada dos o tres.

- **¿Qué cultiva? ¿Ha notado usted que se haya reducido la producción en los últimos años? ¿Dispone de maquinaria? ¿Vende algo de lo que produce?**

Cultivan trigo, a veces mezclado con frijol, no disponen de maquinaria, todo el trabajo se hace con yunta y con buey. Todo lo que producen es para el autoconsumo.

- **¿Realiza algún tipo de artesanía? ¿La vende?**

No realiza ningún tipo de artesanía. Antes la madre lo hacía, pero no le compensa, porque requiere mucho esfuerzo para poco beneficio.

- **¿Tiene usted algún tipo de ganado? ¿el estado le exige alguna medida de conservación? ¿Vende algún producto relacionado con su ganado? ¿Considera que el número de cabezas en su comunidad ha aumentado o disminuido?**

Tienen cabras y son los niños las que las sacan a los pastos. No venden ningún producto relacionado con el ganado. Hay cada vez menos gente que tenga cabras, algunos las cambian por ovejas y otros directamente dejan de tener ganado. El motivo es la falta de agua y de pastos para alimentarlos.

- **¿Conoce los programas del estado? ¿Los usa? ¿Funcionan bien?**

Conocen solo el Procampo y se benefician de él. Afirman que todo el pueblo en general está inscrito salvo algunas excepciones. No conocen los demás programas. Las ayudas de Procampo llegan puntuales y son de unos 1000 pesos por ha y año en



caso de que se cultive. Si se cultiva dos veces la subvención es doble. Cuando dejas descansar las tierras también recibes una subvención de unos 800 pesos por ha y año. El segundo cultivo muchas veces se pierde, por eso le llaman el venturero, porque es una aventura y depende de que haya o no lluvias.

- **¿Cómo se distribuye la propiedad de la tierra? ¿Las mujeres tienen terrenos? ¿Qué papel tiene la mujer en la casa y en el campo?**

La chica más joven no tiene que estar en el tequio dado que ya no vive en la comunidad. En el caso de las otras dos mujeres, una de ella es viuda, pero ya ha cumplido la edad de 65 años y por tanto está exenta de la obligación de ir al tequio. La otra, en cambio está casada y su marido está allí. La viuda, la más mayor de las tres, es dueña de sus tierras, aunque ya ha dejado en herencia la mayor parte a su hija, dado que el resto de los hijos se ha ido a vivir fuera. Puede ir a las Asambleas si lo desea, pero es una labor que siempre hizo su marido y ella no está interesada ya. La casada, de 49 años, al casarse, estableció como dueño de todos sus terrenos a su marido, y por tanto no es comunera. Ayuda a su marido en el campo cuando lo necesita, aunque la mayor parte de las veces se ocupa de las labores del hogar y de los niños.

6. Mujer, 40 años, mujer pastoreando su ganado

- **¿Cree que hay mucha emigración? ¿Por qué? ¿A dónde han emigrado sus hijos? ¿Piensan volver a vivir aquí?**

Cree que hay mucha emigración porque hay pocos jóvenes en el pueblo. No tiene hijos

- **¿Fertilizan la tierra? ¿Está contenta con el rendimiento que tiene? ¿La deja descansar? ¿Dispone de sistema de riego?**

Su marido es el responsable de todo lo relacionado con el cultivo, así que ella no sabe si fertiliza o no, pero cree que no disponen de sistema de riego. Vive muy bien y está contenta con sus tierras y con lo que producen. Ella misma me ayuda a marcar el límite entre suelos cuando le pregunto. No lo duda ni un segundo, sabe perfectamente que zona no es de suelos rojos porque son terrenos baldíos, nadie los quiere para cultivar. Esto me facilita la detección de la mancha de regosol presente aquí.



- **¿Qué cultiva? ¿Ha notado usted que se haya reducido la producción en los últimos años? ¿Dispone de maquinaria? ¿Vende algo de lo que produce?**

Cultiva maíz, trigo y frijol. No dispone de maquinaria, pero todos sus campos se labran con tractor alquilado. Es diferente al resto del pueblo porque son de los pocos terrenos que están en llano. El problema que tienen es que cuando llueve mucho se inundan y pierde la cosecha. No vende nada de lo que produce, es todo para el autoconsumo. No cree que se haya reducido la producción.

- **¿Realiza algún tipo de artesanía? ¿La vende?**

No realiza ningún tipo de artesanía.

- **¿Tiene usted algún tipo de ganado? ¿el estado le exige alguna medida de conservación? ¿Vende algún producto relacionado con su ganado? ¿Considera que el número de cabezas en su comunidad ha aumentado o disminuido?**

Precisamente durante esta entrevista, está pastoreando su ganado de 60 ovejas, el más grande de la comunidad, afirma orgullosa. No aprovecha la lana de las ovejas porque dice que nadie de la zona sabe cómo hacerlo, aunque antes era costumbre en la región esquilárselas y venderla. Usa las ovejas para comer y vende alguna en ocasiones especiales, cuando necesita algo de dinero extra. En general dice que cada vez hay menos gente con ganado en el pueblo y que los rebaños cada vez son más pequeños. No sabe la razón.

- **¿Conoce los programas del estado? ¿Los usa? ¿Funcionan bien?**

Conoce el Procampo, pero no el Progan, del que se podría beneficiar, dado su rebaño. El Procampo funciona bien y las ayudas llegan a tiempo aunque dice que su marido invierte mucho tiempo en papeleo.

- **¿Cómo se distribuye la propiedad de la tierra? ¿Las mujeres tienen terrenos? ¿Qué papel tiene la mujer en la casa y en el campo?**

Su marido es el dueño de las tierras con las que se mantiene su familia. Ha asistido a alguna Asamblea de comuneros, bien como acompañante de su marido, o bien porque cuando él está de viaje, estas funciones recaen sobre ella. Cuando le pregunto que si no le molesta no poder votar en las decisiones que le atañen, sonrío pícaramente y dice que hay otras formas de mandar y que su marido hace lo que ella dice.



Suchixtlahuaca, cabeza del municipio

7. Mujer, dueña de tienda de ultramarinos, 42 años

- **¿Cree que hay mucha emigración? ¿Por qué? ¿A dónde han emigrado sus hijos? ¿Piensan volver a vivir aquí?**

Cree que ahora mismo hay mucha emigración pero en principio no considera que sea un problema grave. La nueva supercarretera que han construido abre nuevas posibilidades económicas para la comunidad y la gente volverá a empezar a quedarse. Casi todos los jóvenes se van pero a otros lugares de México, prefieren eso a tener que ir a E.E.U.U. donde ganan más pero pasan más penalidades.

- **¿Fertilizan la tierra? ¿Está contenta con el rendimiento que tiene? ¿La deja descansar? ¿Dispone de sistema de riego?**

Quien puede compra fertilizante químico y se lo hecha a las tierras, pero no es muy común, lo más normal es usar el abono del ganado. Hay bastantes personas con sistema de riego, aunque es mayor el porcentaje de personas que no lo tienen. Está contenta con el rendimiento de sus tierras.

- **¿Qué cultiva? ¿Ha notado usted que se haya reducido la producción en los últimos años? ¿Dispone de maquinaria? ¿Vende algo de lo que produce?**

Cultiva maíz y frijol, aunque en el pueblo también mucha gente cultiva trigo. Todo el mundo usa maquinaria, ya nadie la yunta. Sin embargo solo una persona del pueblo posee la suya propia. La comunidad dispone de alguna máquina y hay que rentarla para usarla.

- **¿Realiza algún tipo de artesanía? ¿La vende?**

Personalmente ella no realiza ningún tipo de artesanía. Casi nadie en la comunidad sabe hacer ya sombreros de palma. Sin embargo, su artesanía principal son las tortillas de trigo. Las venden en la carretera para los viajeros y ésta supone una fuente muy importante de ingresos para la comunidad.

- **¿Tiene usted algún tipo de ganado? ¿el estado le exige alguna medida de conservación? ¿Vende algún producto relacionado con su ganado? ¿Considera que el número de cabezas en su comunidad ha aumentado o disminuido?**

No tiene ganado y dice que cada vez hay menos. Casi nadie tiene ganado caprino, que ha sido lentamente sustituido por el ovino, aunque incluso éste esta en descenso. La razón es que la gente encuentra maneras más cómodas de ganarse la vida.



- **¿Conoce los programas del estado? ¿Los usa? ¿Funcionan bien?**

De los programas del estado sólo conoce Procampo y le suena que haya algún programa que sirva para reforestar.

- **¿Cómo se distribuye la propiedad de la tierra? ¿Las mujeres tienen terrenos? ¿Qué papel tiene la mujer en la casa y en el campo?**

Su marido y ella tienen tierras y los dos acuden a las Asambleas con derecho a voto. Sin embargo, no hay casi ninguna otra mujer en las reuniones. Cuando es necesario ayuda a su marido en las labores del campo. Si no se ocupa de la tienda y de las labores del hogar.

8. Hombre, terrateniente de Suchixtlahuaca, 74 años

- **¿Cree que hay mucha emigración? ¿Por qué? ¿A dónde han emigrado sus hijos? ¿Piensan volver a vivir aquí?**

Está muy preocupado por la emigración. Exactamente usa la expresión “las personas se van de aquí como la tierra”, que teniendo en cuenta la fuerte erosión de este municipio es mucho decir. Ninguno de sus siete hijos se ha quedado en la comunidad, aunque tiene a su cargo un nieto al que piensa dejar como único heredero. La culpa de la emigración se la carga a los estudios universitarios. Dice que la educación es importante pero sólo hasta secundaria, que ya no hay que saber más para ser un buen campesino. La gente sale fuera a estudiar y ya no vuelve.

- **¿Fertilizan la tierra? ¿Está contento con el rendimiento que tiene? ¿La deja descansar? ¿Dispone de sistema de riego?**

No fertiliza la tierra aunque sí la deja descansar unos meses, ya que solo cultiva una vez al año. “La mimo mucho y ese es el truco”. Está muy orgulloso de su rendimiento, fruto de su trabajo. No tiene sistema de riego. Podría permitírselo pero supondría demasiado trabajo para él solo y no le compensa.

- **¿Qué cultiva? ¿Ha notado usted que se haya reducido la producción en los últimos años? ¿Dispone de maquinaria? ¿Vende algo de lo que produce?**

Cultiva maíz, trigo y frijol y dice no haber notado ningún descenso en el rendimiento de sus tierras. Vende lo que produce pero solo dentro de su propia comunidad. Tiene un tractor. Nadie usa la yunta ya en Suchixtlahuaca, los que no disponen de su propia maquinaria, se la alquilan a la comunidad.



- **¿Realiza algún tipo de artesanía? ¿La vende?**

Ni él ni su mujer realizan ningún tipo de artesanía ya que no le hace falta, pero dice que en el pueblo se hacen tortillas de trigo que se venden en la supercarretera.

- **¿Tiene usted algún tipo de ganado? ¿el estado le exige alguna medida de conservación? ¿Vende algún producto relacionado con su ganado? ¿Considera que el número de cabezas en su comunidad ha aumentado o disminuido?**

No posee ganado, se dedica por entero a la agricultura. El número de cabezas de ganado ha disminuido sin duda. La causa es que la gente busca formas de vida más sencillas que tener que sacar las cabras al monte, un negocio de una tienda, un taxi...

- **¿Conoce los programas del estado? ¿Los usa? ¿Funcionan bien?**

Se trata del campesino con mayor número de tierras dentro de Suchixtlahuaca. Conoce perfectamente el Procampo y el Diesel y se beneficia de ambos. No conoce ningún otro programa. Está muy contento con los programas del estado, dice que gracias a ellos el pueblo se ha levantado y ha resurgido.

- **¿Cómo se distribuye la propiedad de la tierra? ¿Las mujeres tienen terrenos? ¿Qué papel tiene la mujer en la casa y en el campo?**

Dice que aunque no es común que la mujer tenga terrenos los puede tener perfectamente. Las mujeres pueden también acceder a los cargos importantes, “ya hasta pasa” es su expresión. Dice que gracias a la maquinaria, la calidad de vida de la mujer ha mejorado considerablemente, ya que los hombres ya no necesitan su ayuda, “antes tenían que ser bien rudas”. Me explica que al ser terreno comunal, debe pagar un predio a la comunidad por ha y año. Ese predio lo fijan los propios comuneros en las Asambleas. Al ser la misma persona quien lo fija y quien lo paga, se trata de una cantidad muy baja, en este caso de 10 pesos por ha y año.

Dice que la distribución de tierras se ha mantenido igual que antes de la reforma agraria, con la única diferencia que antes los impuestos los fijaba y los recogía el estado. A él le da igual.

9. Hombre, 45 años, Comisariado de Bienes Comunales

- **¿Cree que hay mucha emigración? ¿Por qué? ¿A dónde han emigrado sus hijos? ¿Piensan volver a vivir aquí?**

Es consciente del problema de emigración que hay en su comunidad y le preocupa porque casi no hay gente joven. Algunos se van a E.E.U.U. y otros se quedan dentro de México, sobre todo en México DF. No cree que vuelvan.



- **¿Fertilizan la tierra? ¿Está contento con el rendimiento que tiene? ¿La deja descansar? ¿Dispone de sistema de riego?**

Nadie fertiliza con abono químico, aunque hay mucha gente que usa el abono animal. Hay algunas personas que disponen de sistema de riego pero la mayoría no. En general la gente está relativamente contenta con el rendimiento de la tierra, que no es excelente pero sí suficiente. Deja descansar la tierra periódicamente. Cuando hace esto, la subvención que recibe del estado es menor.

- **¿Qué cultiva? ¿Ha notado usted que se haya reducido la producción en los últimos años? ¿Dispone de maquinaria? ¿Vende algo de lo que produce?**

Cultivan maíz, trigo y frijol, no ha notado reducción de la producción en los últimos años. Ya nadie usa la yunta, todo se hace con tractor, empleando el de la comunidad, para lo que hay que pagar un precio de alquiler. Todo lo que se produce en general está destinado al autoconsumo.

- **¿Realiza algún tipo de artesanía? ¿La vende?**

La artesanía son las tortillas que venden las mujeres en las carreteras. Esto es posible gracias a la supercarretera.

- **¿Tiene usted algún tipo de ganado? ¿el estado le exige alguna medida de conservación? ¿Vende algún producto relacionado con su ganado? ¿Considera que el número de cabezas en su comunidad ha aumentado o disminuido?**

Dice que hay mucho menos ganado que antes, porque la gente es más floja y más vaga. Además se ha reducido la cantidad de pasto disponible debido a la escasez de lluvias y las grandes superficies que han sido acotadas para las reforestaciones. Como beneficiario de un programa del estado que le apoya según los vientos que posea, debe llevar a cabo una serie de medidas compensatorias relacionadas con las reforestaciones.

- **¿Conoce los programas del estado? ¿Los usa? ¿Funcionan bien?**

Como responsable del Comisariado de Bienes Comunales declara que conoce perfectamente todos los programas del estado y que de hecho ya se ha beneficiado de ellos muchas veces, incluido el PROGAN.

Respecto a los apoyos para las reforestaciones de CONAFOR dice que llegan pero que no son suficientes, hay que pagar muchas cosas y no lo cubre, la planta, el transporte, la mano de obra...



- **¿Cómo se distribuye la propiedad de la tierra? ¿Las mujeres tienen terrenos? ¿Qué papel tiene la mujer en la casa y en el campo?**

Aún se realizan bastantes tequios en su comunidad. Los predios que hay que pagar por la tierra son muy bajos.

Con respecto a la mujer, casi ninguna trabaja en el campo ni posee tierras. No se ve casi ninguna en las Asambleas aunque alguna va a veces a acompañar a su marido o a representarlo en caso de que éste no pueda ir por algún asunto.

San Pedro Buenavista, agencia de Coixtlahuaca

10. Hombre, 59 años profesor de primaria durante el tequio

En primer lugar se niega a contestar a ninguna pregunta, porque dice que se hacen muchos estudios, pero que luego nadie vuelve con soluciones. Tras una pequeña conversación le convencemos de que aunque no sabemos si el estudio llegará a buen puerto nuestras intenciones son buenas y accede a hablar con nosotros. Responde en nombre de todo el pueblo, que está delante, dado que están haciendo tequio.

- **¿Cree que hay mucha emigración? ¿Por qué? ¿A dónde han emigrado sus hijos? ¿Piensan volver a vivir aquí?**

En el pueblo la emigración es un problema muy grave, la gente joven se va. La causa es la falta de trabajo. Él culpa de este fenómeno a la maquinaria que se está empezando a usar. Dice que para lo que antes hacían falta cinco personas ahora sobra con una y que la gente tiene que ir a otros lados para buscar trabajo. La población cada vez es más débil y vaga.

- **¿Fertilizan la tierra? ¿Está contenta con el rendimiento que tiene? ¿La deja descansar? ¿Dispone de sistema de riego?**

Nadie en el pueblo usa fertilizantes químicos pues creen que quema la tierra, que te da un par de años de buenas cosechas y después se estropea para siempre. Aquellos que tienen ganado utilizan el estiércol como abono. Dice que las tierras de la zona son muy productivas de por sí y que las veces que dan malas cosechas es porque la gente no las trabaja bien porque está desmotivada. No usan ningún sistema de riego.

- **¿Qué cultiva? ¿Ha notado usted que se haya reducido la producción en los últimos años? ¿Dispone de maquinaria? ¿Vende algo de lo que produce?**



Cultivan frijol, maíz y trigo. La productividad de la tierra es buena y no ha decrecido en los últimos años. En general solo se hace un cultivo al año durante la época de lluvias y el resto del año la tierra descansa. Nadie tiene su propia maquinaria, pero están disponibles las pertenecientes a la comunidad, que se pueden alquilar. Aún hay una cantidad importante de agricultores que usan la yunta, pero la tendencia es hacia los tractores. Todo lo que se produce es para el autoconsumo y no son autosuficientes sino que deben comprar muchos productos.

- **¿Realiza algún tipo de artesanía? ¿La vende?**

En el pueblo algunas señoras hacen sombreros de palma. La materia prima la compran en Nochixtlan, perteneciente al distrito vecino. De hecho, también se está dejando de utilizar la palma y se está cambiando por el plástico. Sin embargo esto no supone una alternativa como forma de vida. Por cada sombrero les pagan 5 pesos mexicanos y son capaces de hacer unos tres al día. La gente prefiere utilizar los programas de empleo temporal del estado.

- **¿Tiene usted algún tipo de ganado? ¿el estado le exige alguna medida de conservación? ¿Vende algún producto relacionado con su ganado? ¿Considera que el número de cabezas en su comunidad ha aumentado o disminuido?**

Personalmente, él no tiene ganado, pero en el pueblo cada vez hay menos porque la gente es ya muy vaga para pastorear.

- **¿Conoce los programas del estado? ¿Los usa? ¿Funcionan bien?**

Conoce perfectamente los programas del estado pero no le interesan lo más mínimo ya que cree que el dinero “fácil” que proporcionan es el culpable de que las personas se hayan hecho vagas y cómodas. La gente siembra, pero sin cuidado, su única intención es conseguir las subvenciones y luego invierten el dinero en otras cosas que nada tienen que ver con el campo. En su comunidad existen viveros financiados por el programa de Adquisición de Activos Productivos.

- **¿Cómo se distribuye la propiedad de la tierra? ¿Las mujeres tienen terrenos? ¿Qué papel tiene la mujer en la casa y en el campo?**

“La tierra es de quien la trabaja” responde, aunque si una familia ha trabajado unas tierras toda la vida las puede dejar en herencia a sus hijos. Si éstos la trabajan, mantienen el derecho al uso, pero si las dejan de trabajar, la comunidad puede quitárselas. No hay impuesto predial por tanto. Las mujeres son comuneras y esto es lo normal. Acuden a las Asambleas y votan.



San Juan Bautista Coixtlahuaca, cabeza de municipio y cabeza de distrito

11. Hombre, 75 años, pastoreando sus ovejas

- **¿Cree que hay mucha emigración? ¿Por qué? ¿A dónde han emigrado sus hijos? ¿Piensan volver a vivir aquí?**

Aunque vive con uno de sus hijos que se ha quedado aquí y al que ha dejado la mayoría de sus tierras, es consciente de que hay un problema de emigración grave. Lo relaciona con la erosión, ya que muchas de las tierras roturadas, al dejarse de labrar y llover sobre ellas, el agua arrastra la tierra. A pesar de todo cree que cada vez hay menos erosión porque llueve menos que antes. La mayoría de los jóvenes que se van prefieren quedarse dentro de México.

- **¿Fertilizan la tierra? ¿Está contento con el rendimiento que tiene? ¿La deja descansar? ¿Dispone de sistema de riego?**

Como tiene uno de los tres rebaños grandes del municipio de Coixtlahuaca, usa el estiércol como abono orgánico. No tiene sistema de riego, dice que podría pero que le da pereza todo el trabajo que conllevaría. Aún así en el reparto de agua, le correspondería poca. Dice que el rendimiento de la tierra es muy bajo.

- **¿Qué cultiva? ¿Ha notado usted que se haya reducido la producción en los últimos años? ¿Dispone de maquinaria? ¿Vende algo de lo que produce?**

Cultiva un año maíz y otro trigo. Deja descansar la tierra un año cada dos o tres sembrados. Dispone de varias parcelas y en algunas de ellas aunque no en todas, cultiva en la época seca el venturero, a ver si hay suerte. No dispone de maquinaria, aunque sus tierras se labran con tractor, como las de la totalidad de su comunidad. El tractor que usa pertenece a la comunidad y lo alquila. No ha notado una reducción de la producción en los últimos años, aunque dice que el maíz que sembraban antes soportaba mucho mejor las sequías. Se llama cajete, pero necesita ser sembrado a mayor profundidad (40 cm) que el que usan ahora, y esto encarece demasiado su siembra, además de impedir el empleo de maquinaria. Normalmente le sobra cosecha y la vende, aunque poca cantidad, a bajo precio y siempre dentro de San Juan Bautista Coixtlahuaca, su comunidad.

- **¿Realiza algún tipo de artesanía? ¿La vende?**

No realiza ninguna artesanía y dice que es su comunidad casi nadie.



- **¿Tiene usted algún tipo de ganado? ¿el estado le exige alguna medida de conservación? ¿Vende algún producto relacionado con su ganado? ¿Considera que el número de cabezas en su comunidad ha aumentado o disminuido?**

Tiene un rebaño de ovejas considerable, uno de los tres únicos grandes que quedan en Coixtlahuaca. Antes tenía cabras pero ya no puede andar tanto como requieren y por eso cambió a ovejas. Aún así, ha reducido mucho el número porque dice que no son casi rentables. El número de cabezas de ganado en Coixtlahuaca se ha reducido mucho, debido a que hay menos pastos. El que haya menos pastos lo achaca por un lado a que llueve menos, pero también a que hay una gran cantidad de zonas acotadas al pastoreo por estar recién reforestadas.

- **¿Conoce los programas del estado? ¿Los usa? ¿Funcionan bien?**

Conoce Procampo, Adquisición de Activos Productivos y Diesel. No conoce Progan. Dice que en su comunidad hay varios viveros y granjas de pollos financiadas por el programa de Adquisición de Activos. Cree que los programas son la única razón por la que funciona al campo.

- **¿Cómo se distribuye la propiedad de la tierra? ¿Las mujeres tienen terrenos? ¿Qué papel tiene la mujer en la casa y en el campo?**

En Coixtlahuaca, cuenta, hay muchas mujeres comuneras y asisten a las Asambleas y votan como cualquiera.

12. Hombre, 45 años, Presidente municipal

- **¿Cree que hay mucha emigración? ¿Por qué? ¿A dónde han emigrado sus hijos? ¿Piensan volver a vivir aquí?**

El problema de emigración en Coixtlahuaca es evidente. Los destinos principales son México DF o E.E.U.U.

- **¿Fertilizan la tierra? ¿Está contento con el rendimiento que tiene? ¿La deja descansar? ¿Dispone de sistema de riego?**

La mayoría de la gente no fertiliza las tierras con abono químico aunque no están muy satisfechos con su rendimiento. Personalmente él lo considera un error. Es común dejar descansar la tierra y cada persona lo hace según su criterio. Casi nadie tiene riego porque hay que conseguir una concesión de agua en Tajalapa, que queda bastante alejado. Casi nadie lo hace.



- **¿Qué cultiva? ¿Ha notado usted que se haya reducido la producción en los últimos años? ¿Dispone de maquinaria? ¿Vende algo de lo que produce?**

En el pueblo se cultiva maíz, frijol y trigo. Algunos tienen algún cultivo forrajero. El trigo es lo más seguro para cultivar porque se pierde pocas veces. No ha observado una reducción en la producción en los últimos años. Aunque casi nadie dispone de maquinaria propia, todo se hace ya con tractor. Se alquilan los pertenecientes a la comunidad. Todo lo que se produce es para el autoconsumo salvo muy raras excepciones. Casi todo el mundo hace solo un cultivo al año.

- **¿Realiza algún tipo de artesanía? ¿La vende?**

Muy poca artesanía, aunque antes todo el mundo hacía sombreros de palma.

- **¿Tiene usted algún tipo de ganado? ¿el estado le exige alguna medida de conservación? ¿Vende algún producto relacionado con su ganado? ¿Considera que el número de cabezas en su comunidad ha aumentado o disminuido?**

Cada vez hay menos ganado en Coixtlahuaca. La razón es que la gente se está mentalizando de que las cabras son nocivas para el medio ambiente y lo intentan cambiar por ovejas. El problema es que necesitan cultivos forrajeros que requieren riego y, para el riego está el problema de las concesiones, que hay que ir a Tajalapa y por tanto la gente se echa para atrás.

- **¿Conoce los programas del estado? ¿Los usa? ¿Funcionan bien?**

Conoce los programas del estado pero dice que casi nunca son útiles. La gente no quiere arriesgar su dinero en inversiones y prefiere quedarse como está. Además requiere mucho papeleo que nadie está dispuesto a hacer, y los trámites se quedan a medias en muchas ocasiones. Hay mucha desconfianza del estado. En Coixtlahuaca se va a intentar implementar un programa para cultivar cebada financiado por una fábrica de cerveza.

- **¿Cómo se distribuye la propiedad de la tierra? ¿Las mujeres tienen terrenos? ¿Qué papel tiene la mujer en la casa y en el campo?**

La mujer casi no tiene un papel representativo en el campo. En las Asambleas sólo acuden hombres y alguna mujer en el caso de ser madre soltera o viuda pero es muy raro. Casi ninguna mujer posee tierras.

13. Hombre, 60 años, Comisariado de bienes comunales

- **¿Cree que hay mucha emigración? ¿Por qué? ¿A dónde han emigrado sus**

**hijos? ¿Piensan volver a vivir aquí?**

Hay mucha emigración y sobre todo dentro del propio México. Solo una de sus hijas sigue viviendo en la comunidad.

- **¿Fertilizan la tierra? ¿Está contento con el rendimiento que tiene? ¿La deja descansar? ¿Dispone de sistema de riego?**

No fertilizan nada y quien lo hace es a partir del abono que obtiene de su ganado. La tierra tiene un rendimiento bajísimo y pocas veces es rentable cultivar. No dispone casi nadie de sistema de riego y generalmente se hace solo un cultivo al año, dejando descansar las tierras el resto del tiempo.

- **¿Qué cultiva? ¿Ha notado usted que se haya reducido la producción en los últimos años? ¿Dispone de maquinaria? ¿Vende algo de lo que produce?**

Sobre todo se cultiva trigo, aunque también es muy común el maíz y el frijol. No ha notado una bajada en el rendimiento de la tierra últimamente, ya que dice que éste siempre ha sido muy bajo. No dispone de maquinaria, aunque dice que ya todas las tierras se labran con tractor. Para ello se alquilan los pertenecientes a la comunidad. No venden nada de lo que producen, todo es para el autoconsumo

- **¿Realiza algún tipo de artesanía? ¿La vende?**

En Coixtlahuaca antes se hacían sombreros de palma, pero ya no. El motivo es que requiere mucha dedicación y se gana muy poco dinero.

- **¿Tiene usted algún tipo de ganado? ¿el estado le exige alguna medida de conservación? ¿Vende algún producto relacionado con su ganado? ¿Considera que el número de cabezas en su comunidad ha aumentado o disminuido?**

No tiene ganado. Dice que cada vez hay menos porque hay menos pasto y porque la gente ya no tiene quien se ocupe de sacarlos a pastar.

- **¿Conoce los programas del estado? ¿Los usa? ¿Funcionan bien?**

Conoce los programas del estado y dice que son accesibles a quien desee utilizarlos. Habla de un programa de estufas ahorradoras de leña que se llevó a cabo hace unos años y que obtuvo muy buenos resultados.

Por otro lado, que los apoyos para las reforestaciones que presta la CONAFOR son insuficientes.

- **¿Cómo se distribuye la propiedad de la tierra? ¿Las mujeres tienen terrenos? ¿Qué papel tiene la mujer en la casa y en el campo?**



En general, la mujer nunca posee tierras salvo en el caso de ser viuda o madre soltera. Dice que la mujer está contenta con esta situación. En general las Asambleas están formadas casi exclusivamente por hombres.

14. Representante de la Reserva de la Biosfera

En este caso las preguntas variaron ligeramente, al no tratarse de una persona residente del distrito.

En primer lugar, nos informa de los límites de la Reserva y de qué partes del distrito de Coixtlahuaca quedan incluidas dentro de ella. Así, los municipios de Tequixtepec y Tepelmeme, quedan incluidos en su totalidad. En Concepción Buenavista, únicamente una de sus agencias, Aztatla y parte del municipio de Coixtlahuaca. Sin embargo, su trabajo no se limita a las zonas incluidas, sino que han definido un área de influencia alrededor del perímetro donde las labores que realizan son muy similares a las del interior de la reserva.

El objetivo principal de la reserva es la conservación de suelo, ya que sin él los demás trabajos carecen de sentido. Para esto existen dos caminos, las obras de conservación y las reforestaciones. Dado que aún no disponen de planta autóctona, atacan por el lado de las obras. Hacen por tanto muchas terrazas, gaviones, bordos.

El origen de la reserva se remonta a 1996 cuando se construyó la carretera estatal poniendo en peligro zonas naturales únicas, constituidas por una variedad sin fin de cactáceas. En 1998 se constituyó la reserva como una ambiciosa medida de protección para intentar evitar así la apertura de vías de comunicación a través de espacios vírgenes.

Entre los proyectos que está llevando a cabo actualmente en el distrito de Coixtlahuaca destacan: En primer lugar la construcción de viveros de ágaves de maguey para tequila. El objetivo es que la población se abastezca de éstos para su producción de tequila, sin ejercer presión sobre los silvestres. En el vivero, también se intentan sacar adelante otras cactáceas autóctonas para intentar reforestar con ellas, pero el proyecto por ahora está en fase experimental. Por otro lado, en Tequixtepec hay otro vivero de planta autóctona donde trabajan sobre todo mujeres. Son plantas como el huizache, el guaje, el enebro...características de la región. En el vivero de Coixtlahuaca, se cultiva encino y enebro, con objetivos similares a los anteriores, conseguir reforestaciones de planta autóctona en lugar de pino.

Por último y dada la escasa infiltración de suelo y las consecuentes pérdidas de agua por escorrentía, construyen cisternas encima de los techos de las casas para almacenarla y disponer de ella cuando se necesite.

Uno de los problemas más importantes con los que tienen que enfrentarse es la caza furtiva del venado de cola blanca en el municipio de Tepelmeme.

Otro grave problema es la presión ejercida por la tala incontrolada para leñas. Ahora mismo



sacar más de 3 m³ de madera es delito federal. A parte del problema de deforestación que la tala supone, en el encino, una de las especies predilectas para hacer leña, viven una gran cantidad de orquídeas, que son víctimas indirectas de este proceso.

- **¿Fertilizan la tierra? ¿Está contenta con el rendimiento que tiene? ¿La deja descansar? ¿Dispone de sistema de riego?**

Algunas comunidades empezaron a usar fertilizantes, sin embargo, tras dos años de buenas cosechas, la tierra se estropeaba. Nos cuentan que el motivo es la naturaleza caliza de los suelos, que en reacción con una fertilización continuada se convierten en tierras. El fertilizante más común es el Gallisan, provenientes de las granjas intensivas de pollo que hay en Tehuacan. La productividad en la tierra disminuye probablemente debido a que ya no es hacen cultivos mezclados como antes. La consecuencia es que se roturan tierras, que se emplean durante un par de años y son luego abandonadas para roturar otras nuevas.

- **¿Qué cultiva? ¿Ha notado usted que se haya reducido la producción en los últimos años? ¿Dispone de maquinaria? ¿Vende algo de lo que produce?**

En general se cultiva trigo, maíz y frijol. Están intentando inculcar a la gente que deje el cultivo de especies exóticas y vuelva a las criollas (especialmente con el maíz). Son especies adaptadas a la zona, que requieren menos riego y son menos exigentes con la fertilidad del suelo.

- **¿Tiene usted algún tipo de ganado? ¿el estado le exige alguna medida de conservación? ¿Vende algún producto relacionado con su ganado? ¿Considera que el número de cabezas en su comunidad ha aumentado o disminuido?**

El ganado caprina ejerce una inimaginable presión sobre los recursos naturales siendo el sobrepastoreo un componente muy importante cuando se analizan las causas de la erosión en el distrito. La causa es que en ninguno de los municipios, (salvo en Tepelmeme) se aplica la rotación de caminos. Al utilizarse continuamente el mismo, queda totalmente devastado. Afortunadamente, la cantidad de cabras se ha disminuido drásticamente en los últimos años, en algunas ocasiones sustituyéndolas por ovejas.

- **¿Cómo se distribuye la propiedad de la tierra? ¿Las mujeres tienen terrenos? ¿Qué papel tiene la mujer en la casa y en el campo?**

No hay que dejarse llevar por las apariencias, a pesar de que la mujer no posea las tierras o no vaya a las Asambleas, es muy participativa a la hora de tomar decisiones que atañen a la comunidad ya que los matrimonios se ponen de acuerdo antes de que el hombre acuda a la Asamblea. Está muy integrada en la vida activa, teniendo



un papel muy importante en la economía del hogar.

Ihuitlán Plumas, cabeza de municipio

15. Mujer, 45 años, restaurante

- **¿Cree que hay mucha emigración? ¿Por qué? ¿A dónde han emigrado sus hijos? ¿Piensan volver a vivir aquí?**

Cuenta que la mayor parte de las personas jóvenes, tanto chicos como chicas, se van a buscar trabajo a otro lugar. En general no es por falta de posibilidades aquí sino porque buscan una vida más cómoda. Vuelven de visita, pero casi nunca a quedarse. Lo normal es que se queden dentro de México, o como mucho se vayan a E.E.U.U. una temporada, pero acaben en el país natal.

- **¿Fertilizan la tierra? ¿Está contenta con el rendimiento que tiene? ¿La deja descansar? ¿Dispone de sistema de riego?**

Quien puede fertiliza la tierra, algunos compran el fertilizante y otros usan abono de su ganado. El motivo es que las tierras dan malas cosechas y hay que buscar alguna manera de mejorarlo. No dispone de sistema de riego, como casi nadie. La tierra se trabaja de la siguiente manera, año de trigo, año de frijol y año de descanso. En general casi todo el mundo hace una cosecha al año.

- **¿Qué cultiva? ¿Ha notado usted que se haya reducido la producción en los últimos años? ¿Dispone de maquinaria? ¿Vende algo de lo que produce?**

Principalmente se cultiva trigo y frijol y toda la producción es para el autoconsumo. No considera que se haya reducido la producción en los últimos años. No dispone de maquinaria propia, pero ya nadie de la comunidad emplea la yunta, todo el mundo alquila el tractor que compró la comunidad.

- **¿Realiza algún tipo de artesanía? ¿La vende?**

En la comunidad no hay nadie que ella recuerde que realice ningún tipo de artesanía. Antes las mujeres hacían sombreros de palma, pero ya no compensa.

- **¿Tiene usted algún tipo de ganado? ¿el estado le exige alguna medida de conservación? ¿Vende algún producto relacionado con su ganado? ¿Considera que el número de cabezas en su comunidad ha aumentado o disminuido?**

No tiene ganado, se gana la vida con su tienda. En la comunidad cada vez hay



menos ganado, de hecho ya casi nadie tiene, dado que los niños, que eran los encargados de sacarlo al campo, ahora van a la escuela y no tienen tiempo para las dos cosas. Por otro lado, cree que llueve menos y eso hace que haya menos pasto disponible.

- **¿Conoce los programas del estado? ¿Los usa? ¿Funcionan bien?**

Dice que conoce los programas que ofrece el estado para apoyar a la gente del campo pero no los usa. El motivo es que requiere mucho esfuerzo reunir todos los papeles necesarios.

- **¿Cómo se distribuye la propiedad de la tierra? ¿Las mujeres tienen terrenos? ¿Qué papel tiene la mujer en la casa y en el campo?**

Ella posee tierras, pero no las trabaja porque le es más fácil ganarse la vida de otra manera. Cuenta que hay muchas mujeres comuneras como ella, que cultivan sus tierras, van a las Asambleas y votan como una más.

16. Hombre, 50 años, Comisariado de Bienes Comunes

- **¿Cree que hay mucha emigración? ¿Por qué? ¿A dónde han emigrado sus hijos? ¿Piensan volver a vivir aquí?**

Dice que la gente joven emigra, no sabe a dónde, pero todos se van. Vuelven de visita, sobre todo en las fiestas del pueblo que se llena de vida de nuevo.

- **¿Fertilizan la tierra? ¿Está contenta con el rendimiento que tiene? ¿La deja descansar? ¿Dispone de sistema de riego?**

Nadie fertiliza la tierra, ni riega ni usa pesticidas. Como hay mucho menos ganado, es común usar la paja del trigo para enriquecer un poco la tierra. No tienen ningún problema de plagas, como mucho con la mosquita blanca, pero se muere con la lluvia, así que nunca se convierte en un problema grave. La tierra produce muy poco, no sabe por qué, pero esto ha sido así siempre.

- **¿Qué cultiva? ¿Ha notado usted que se haya reducido la producción en los últimos años? ¿Dispone de maquinaria? ¿Vende algo de lo que produce?**

Se cultiva principalmente trigo y la producción es más o menos similar todos los años. Casi nadie dispone de maquinaria, pero prácticamente todo el mundo usa la del pueblo, pagando un alquiler. No vende nada de lo que se produce, todo está destinado al autoconsumo.



- **¿Realiza algún tipo de artesanía? ¿La vende?**

No hay nadie que haga ningún tipo de artesanía.

- **¿Tiene usted algún tipo de ganado? ¿el estado le exige alguna medida de conservación? ¿Vende algún producto relacionado con su ganado? ¿Considera que el número de cabezas en su comunidad ha aumentado o disminuido?**

En el pueblo ya no hay ningún rebaño de cabras. Queda alguno de ovejas, pero casi no. No se vende ningún producto salvo el propio animal.

- **¿Conoce los programas del estado? ¿Los usa? ¿Funcionan bien?**

De los programas del estado conoce el de Procampo y el de Adquisición de Activos Productivos y el programa de Atención a las Contingencias Climatológicas. Cuenta que casi nadie inscribió sus tierras en el Procampo, dado que corrió el rumor por el pueblo que aquellos que las inscribieran las perderían, porque el gobierno se las robaría. Respecto al programa de Adquisición de Activos, dice que supone inversiones muy fuertes que no son capaces de asumir por lo que no lo aprovechan.

Por último, afirma que el Programa de las Contingencias Climáticas nunca funciona porque el gobierno nunca paga.

- **¿Cómo se distribuye la propiedad de la tierra? ¿Las mujeres tienen terrenos? ¿Qué papel tiene la mujer en la casa y en el campo?**

La mujer no posee tierras ni va a las Asambleas. Casi ninguna tiene tierras, solo aquellas madres solteras o viudas. Casi no trabaja en el campo, dado que ya no es necesario.

17. Hombre, 53 años, trabajando en una reforestación

- **¿Cree que hay mucha emigración? ¿Por qué? ¿A dónde han emigrado sus hijos? ¿Piensan volver a vivir aquí?**

Hay muchísima inmigración y le parece un problema. Ha perdido dos hijos y los demás se han ido y no cree que vuelvan.

- **¿Fertilizan la tierra? ¿Está contenta con el rendimiento que tiene? ¿La deja descansar? ¿Dispone de sistema de riego?**

No fertilizan la tierra ni la riegan, pero está contento con el rendimiento que tienen las tierras. Dice que hay dos motivos para que nadie tenga riego. En primer lugar, su



presa está colmatada y no se puede reparar con tequio, sino que requiere de una obra de gran envergadura que no hay quien financie. Por otro lado, para usar el riego, hay que pedir concesiones de agua y para eso hay que desplazarse. Es muy complicado y nadie lo quiere hacer.

- **¿Qué cultiva? ¿Ha notado usted que se haya reducido la producción en los últimos años? ¿Dispone de maquinaria? ¿Vende algo de lo que produce?**

Principalmente trigo, aunque también mucho frijol, no ha notado una reducción en la productividad. Casi todo se hace ya con tractor, son muy pocos los casos en los que se emplea la yunta. No se vende nada, todo destinado al autoconsumo.

- **¿Realiza algún tipo de artesanía? ¿La vende?**

Nadie realiza artesanía.

- **¿Tiene usted algún tipo de ganado? ¿el estado le exige alguna medida de conservación? ¿Vende algún producto relacionado con su ganado? ¿Considera que el número de cabezas en su comunidad ha aumentado o disminuido?**

Tiene borregas que a veces vende. Aunque no le piden medidas de conservación, dice que es consciente, al igual que toda su comunidad, de que hay que cuidar el bosque y que el ganado estropea las reforestaciones.

- **¿Conoce los programas del estado? ¿Los usa? ¿Funcionan bien?**

Conoce los programas del estado aunque no en profundidad. Sabe que para beneficiarse de ellos, tiene que trabajar mucho y hacer muchos papeles y no le compensa.

- **¿Cómo se distribuye la propiedad de la tierra? ¿Las mujeres tienen terrenos? ¿Qué papel tiene la mujer en la casa y en el campo?**

A la mujer no se la tiene en cuenta para tomar decisiones importantes y dice que supone que la molestará. Solo poseen tierras las viudas y las madres solteras. La mujer tiene un papel pequeño en el campo.



Tlacotepec Plumas, cabeza de municipio

18. Hombre, 60 años, la entrevista se hace con su mujer y su hija en su casa

- **¿Cree que hay mucha emigración? ¿Por qué? ¿A dónde han emigrado sus hijos? ¿Piensan volver a vivir aquí?**

Toda la juventud emigra. A él sólo le queda una hija que aún vive con él. Los demás se fueron a la universidad y ya no volvieron. Ha hija que se quedó no tiene estudios universitarios. Aunque los demás hijos vienen a menudo de visita no cree que vuelvan a vivir aquí. Casi toda la migración es dentro de México. Él mismo emigró para pagar la universidad de sus hijos, aunque después regresó.

- **¿Fertilizan la tierra? ¿Está contenta con el rendimiento que tiene? ¿La deja descansar? ¿Dispone de sistema de riego?**

Anteriormente usaban fertilizante, pero un estudioso del pueblo les dijo que estropeaba el suelo y dejaron de usarlo. Además es malo porque contamina. El abono de los animales sí lo utilizan. Además, le echan limo del río a las tierras de cultivo, para intentar retenerlas y que no se las lleve el agua de lluvia. Dice que en Tlacotepec no hay nada de riego. Comenta que en Ihuatlán, el municipio vecino, antes sí había bastantes parcelas que se regaban, pero nadie se ocupó de mantenerlo y se estropearon. En general en Coixtlahuaca hay muy poco riego.

- **¿Qué cultiva? ¿Ha notado usted que se haya reducido la producción en los últimos años? ¿Dispone de maquinaria? ¿Vende algo de lo que produce?**

Se cultiva principalmente maíz, frijol y trigo. No ha notado una reducción significativa de la producción aunque claro está que hay unos años mejores que otros. Aunque no dispone de maquinaria, casi todas las tierras se trabajan con tractor ya que es más económico que la yunta. El tractor cuesta unos 400 pesos mexicanos por ha y la yunta 400 pesos al día. Normalmente con yunta se trabajan 0,25 ha al día siendo por tanto hasta cuatro veces más cara. Sólo la usan aquellos que disponen de animales propios. No se vende nada de lo que se produce en la comunidad estando todo dedicado al autoconsumo. Hay dos invernaderos particulares.

- **¿Realiza algún tipo de artesanía? ¿La vende?**

Antes, cuando había más necesidad, las señoras hacían sombreros de palma. Normalmente hacía unos tres al día y por cada sombrero les pagaban ocho pesos. Sin embargo, este trabajo se ha abandonado en la mayoría de los casos, porque no compensa.



- **¿Tiene usted algún tipo de ganado? ¿el estado le exige alguna medida de conservación? ¿Vende algún producto relacionado con su ganado? ¿Considera que el número de cabezas en su comunidad ha aumentado o disminuido?**

Antes había muchísimo ganado en Tlacotepec. Sin embargo, la gente ha ido vendiéndolo paulatinamente dado que no hay nadie que cuide de él. Además el número de pastos se ha reducido considerablemente, dada la gran cantidad de reforestaciones que se han realizado en este municipio en los últimos años. Es el municipio con más hectáreas reforestadas. Anteriormente se trabajaba la lana, pero ya no porque nadie sabe hacerlo y se estropea.

- **¿Conoce los programas del estado? ¿Los usa? ¿Funcionan bien?**

De los programas del estado sólo conoce Procampo y no se beneficia de él dado que en su momento no se inscribió. Sin embargo, tras su experiencia años atrás como trabajador en la comisión del Papaloapan, tiene la opinión de que si a la gente le dan cosas gratis, no las valora y las desaprovecha, se hicieron parcelas para sembrar y nadie las usó, presas para regar y nadie regó...Por otro lado dice que desde López Portillo, nadie se preocupa realmente por el campo. Con los programas de COPLAMAR tenían asistencia técnica, gran diferencia con los programas de los que se benefician actualmente, donde nadie les aconseja.

- **¿Cómo se distribuye la propiedad de la tierra? ¿Las mujeres tienen terrenos? ¿Qué papel tiene la mujer en la casa y en el campo?**

Desde que se empezó a usar el tractor, la mujer ya no trabaja en el campo con su marido. Antes sí, iban los matrimonios, el hombre dirigía los bueyes y la mujer sembraba, pero ya no es necesario. Sólo son comuneras aquellas mujeres viudas o madres solteras, las demás no acuden a las Asambleas ni votan. Al preguntarle si las mujeres están contentas con su papel, mira a su hija quien responde por él que claro que no, pero muy sonriente. "Nosotras opinamos en casa, es verdad, pero luego ellos van a las reuniones y votan lo que quieren"

Concepción Buenavista, cabeza de municipio

19. Hombre, 40 años, Secretario de la Presidencia municipal

- **¿Cree que hay mucha emigración? ¿Por qué? ¿A dónde han emigrado sus hijos? ¿Piensan volver a vivir aquí?**

Cree que hay mucha emigración porque la gente que se va fuera ya no quiere volver, se acomoda en las ciudades más grandes donde tienen más ventajas.



- **¿Fertilizan la tierra? ¿Está contento con el rendimiento que tiene? ¿La deja descansar? ¿Dispone de sistema de riego?**

No se fertiliza la tierra ni se riega y produce poco en general. Todas las tierras se siembran todos los años, pero solo una vez, descansando el resto del tiempo, además se alternan cultivos, por ejemplo un año frijol, y al siguiente mitad de maíz mitad de trigo.

- **¿Qué cultiva? ¿Ha notado usted que se haya reducido la producción en los últimos años? ¿Dispone de maquinaria? ¿Vende algo de lo que produce?**

Se cultiva maíz, trigo y frijol. A casi nadie le sobra cosecha para vender, casi todo el mundo la utiliza para el autoconsumo. No ha notado reducción en la productividad. Aunque todavía hay personas que usan la yunta, en general se utiliza más el tractor. Casi nadie dispone de maquinaria propia.

- **¿Realiza algún tipo de artesanía? ¿La vende?**

En el pueblo hay personas que realizan sombreros de palma y luego los venden.

- **¿Tiene usted algún tipo de ganado? ¿el estado le exige alguna medida de conservación? ¿Vende algún producto relacionado con su ganado? ¿Considera que el número de cabezas en su comunidad ha aumentado o disminuido?**

En la comunidad hay ganado vacuno, ovino y caprino. Predomina el ovino pero hay cada vez menos de los tres tipos. El motivo es que al llover menos, hay menos pasto y por tanto no hay con que alimentar al ganado.

- **¿Conoce los programas del estado? ¿Los usa? ¿Funcionan bien?**

Usa el programa de Procampo y, sabe que en su comunidad hay gente que se beneficia del de Adquisición de Activos. No conoce ninguno más, pero dice que los apoyos del Procampo llegan puntuales.

- **¿Cómo se distribuye la propiedad de la tierra? ¿Las mujeres tienen terrenos? ¿Qué papel tiene la mujer en la casa y en el campo?**

Dice que la tierra se distribuye más o menos homogéneamente entre hombres y mujeres. En las Asambleas hay la mitad de hombres y la mitad de mujeres y que éstas acceden sin ninguna dificultad a los cargos importantes de la comunidad.



San Antonio Abad, agencia de Santiago Ihuitlán Plumas

20. Mujeres, 35 y 48 años, dependientas de una tienda

- **¿Cree que hay mucha emigración? ¿Por qué? ¿A dónde han emigrado sus hijos? ¿Piensan volver a vivir aquí?**

La mayor parte de la gente joven emigra, termina primaria y se va para no volver. Se van a México D.F. a trabajar, casi nadie va a seguir con los estudios sino que quieren ganar dinero.

- **¿Fertilizan la tierra? ¿Está contenta con el rendimiento que tiene? ¿La deja descansar? ¿Dispone de sistema de riego?**

No se fertiliza la tierra, solo con lo proveniente del ganado. Dice que el rendimiento de las tierras de su comunidad es muy variable. Reconocen cual es mejor y peor por su coloración y así hay tierras negras (más fértiles) y otras más amarillentas, donde casi nadie quiere cultivar. Nadie tiene sistema de riego.

- **¿Qué cultiva? ¿Ha notado usted que se haya reducido la producción en los últimos años? ¿Dispone de maquinaria? ¿Vende algo de lo que produce?**

Sobre todo se cultiva trigo y frijol. No han notado que se reduzca la producción. Nadie dispone de maquinaria aunque hay gente que la usa. Más o menos la mitad de las tierras se labran con tractor y la otra mitad con yunta. Todo está destinado al autoconsumo.

- **¿Realiza algún tipo de artesanía? ¿La vende?**

Aún hay gente que realiza sombreros de palma y los vende.

- **¿Tiene usted algún tipo de ganado? ¿el estado le exige alguna medida de conservación? ¿Vende algún producto relacionado con su ganado? ¿Considera que el número de cabezas en su comunidad ha aumentado o disminuido?**

Aunque la cantidad de ganado en el pueblo ha disminuido mucho, todas las familias siguen teniendo entre cinco y diez cabezas. No usan ninguna subvención para ellas y no conocen ninguna medida de compensación que deban tomar. No venden ningún producto de su ganadería y normalmente lo usan para su alimentación a no ser que tengan una necesidad en cuyo caso venden algún animal.

- **¿Conoce los programas del estado? ¿Los usa? ¿Funcionan bien?**

De los programas del estado conocen Procampo y Adquisición de Bienes para la



Producción pero solo utilizan el primero, ya que para llevar a cabo un proyecto con el segundo tienen que invertir mucho capital del que no disponen.

- **¿Cómo se distribuye la propiedad de la tierra? ¿Las mujeres tienen terrenos? ¿Qué papel tiene la mujer en la casa y en el campo?**

Dicen que las mujeres son comuneras están casadas o no y votan en las Asambleas para la toma de decisiones. Se ocupan de las labores del campo que quieren y de casi todas las labores del hogar.

Las Palmas, agencia de Concepción Buenavista

21. Mujer, 47 años, nos acoge en su casa

- **¿Cree que hay mucha emigración? ¿Por qué? ¿A dónde han emigrado sus hijos? ¿Piensan volver a vivir aquí?**

Hay mucha migración, de hecho ella tiene seis hijos y ninguno vive en la comunidad. La razón es que buscan trabajo fuera. Solo uno de sus hijos está en E.E.U.U. los demás se han quedado en otros lugares de México. No cree que vuelvan a vivir aquí.

- **¿Fertilizan la tierra? ¿Está contenta con el rendimiento que tiene? ¿La deja descansar? ¿Dispone de sistema de riego?**

No fertilizan las tierras, solo emplean el abono de su ganado. La tierra tiene un buen rendimiento y no es necesario regarla aunque disponen de algún invernadero.

- **¿Qué cultiva? ¿Ha notado usted que se haya reducido la producción en los últimos años? ¿Dispone de maquinaria? ¿Vende algo de lo que produce?**

Se cultiva el maíz el trigo y el frijol, cree que el rendimiento de las tierras es el mismo casi siempre a no ser que pase algo malo o algo muy bueno. No dispone de maquinaria y casi todo se hace con yunta. Casi nada agrícola se vende, salvo una parte del tomate producido en los invernaderos.

- **¿Realiza algún tipo de artesanía? ¿La vende?**

Hace sombreros de palma y muchísimos recipientes del mismo material. Aunque vende parte de ellos, también utiliza para ella misma un porcentaje. La palma no la compra sino que la recoge ella misma junto a otras mujeres dado que esta comunidad, como su nombre indica, está situada cerca de un palmar.



- **¿Tiene usted algún tipo de ganado? ¿el estado le exige alguna medida de conservación? ¿Vende algún producto relacionado con su ganado? ¿Considera que el número de cabezas en su comunidad ha aumentado o disminuido?**

Hay menos ganado que antes porque ya no hay suficiente gente para cuidarlo, todos se van. Tiene un rebaño de veinte ovejas y no vende su lana aunque de vez en cuando vende algún animal.

- **¿Conoce los programas del estado? ¿Los usa? ¿Funcionan bien?**

De los programas del estado solo conoce el Procampo, al cual las tierras de su marido están inscritas. Sin embargo, sabe que hay otra asociación la Fundación Ayú, que proporciona apoyos a la gente del campo y que les ha ayudado a levantar invernaderos que dan muy buenas cosechas de tomate.

- **¿Cómo se distribuye la propiedad de la tierra? ¿Las mujeres tienen terrenos? ¿Qué papel tiene la mujer en la casa y en el campo?**

Las mujeres no poseen tierras, ni participan en los tequios ni van a las Asambleas, pero tampoco quieren, “eso es para hombres, nosotras hacemos otras cosas”.



ANEXO V:

CLAVE DEL MODELO USADA



ANEXOS

GRUPO DE FACTORES	CLAVE	FACTORES	UNIDAD DE DESCRIPCION	C		L	A	S	E	S	
				1	2	3	4	5	6	7	8
CLIMA	C	Deficiencia de agua (precipitación media anual en mm.).	m.m.	mayor de 800	600 – 800	500 – 600	400 – 500	300 a 400 *	300 a 400 *	100 – 300	menor de 100
	I	Exceso de agua Inundación	cualitativa	ninguna	Inundaciones ocasionales	Frecuentes inundaciones que afectan moderadamente los cultivos	Frecuentes inundaciones que afectan severamente los cultivos	Las inundaciones permiten el desarrollo de pastizales con limitaciones leves	Las inundaciones permiten el desarrollo moderado de pastos	Las inundaciones permiten el desarrollo ocasional de ciertos pastos	Son terrenos que permanecen inundados todo el año
EROSION	E	Erosión	cualitativa	nula	Laminar leve, con pérdida de 0 a 25 % del horizonte A, y/o canalillos en formación	Laminar moderada con pérdida del 25 al 75 % del horizonte A, y/o canalillos medianos	Laminar fuerte con pérdidas del 75 al 100 % del horizonte A, y/o canalillos profundos	Laminar severa con pérdida del 0 al 30 % del horizonte B y/o cárcavas en formación	Laminar severa con pérdida del 30 al 60 % del horizonte B y/o cárcavas continuas	Laminar muy severa con pérdidas del 100 del horizonte B y/o cárcavas continuas a menos de 30m.	Laminar absoluta con presencia de material parental y/o cárcavas profundas a menos de 30 m.
TOPOGRAFIA	T1	Topografía (Terrenos con pendiente uniforme)	%	0 – 2	2 – 6	6 – 10	10 – 15	15 – 25	25 – 40	40 – 100	mayor de 100
	T2	Topografía (Terrenos con pendiente ondulada)	%	0 – 2	2 – 3	3 – 6	6 – 10	10 – 25	25 – 40	40 – 100	mayor de 100
SUELO	S1	Profundidad efectiva del suelo	cm.	mayor de 100	50 – 100	35 – 50	25 – 35	15 – 25	10 – 15	menor de 10	menor de 10
	S2	Profundidad del manto freático	cm.	mayor de 100	50 – 100	35 – 50	25 – 35	15 – 25	10 – 15	menor de 10	menor de 10
	S3	Pedregosidad en la superficie	cualitativa	nula	La pedregosidad interfiere con las labores agrícolas el 5 al 10 % del área se encuentra cubierta	La pedregosidad interfiere seriamente las labores agrícolas ya que cubre un 10 al 15 % del área total	La pedregosidad no permite el uso de maquinaria agrícola ya que cubre del 15 a 35 % del área	La pedregosidad cubre del 35 al 50 % del área y puede aprovecharse como pastizal o bosque	La pedregosidad cubre del 50 al 70 % del área y puede aprovecharse con limitaciones para pastizales o bosques	La pedregosidad cubre del 70 al 90 % del área y se pueden desarrollar bosques con fuertes limitaciones	La pedregosidad cubre mas del 90 % de la superficie
	S4	Salinidad	mm. hos./cm.	0 – 2	2 – 4	4 – 8	8 – 16	mayor de 16	mayor de 16	mayor de 16	mayor de 16
	S5	Sodicidad	PSI	menor de 10	10 – 15	15 – 40	40 – 60	mayor de 60	mayor de 60	mayor de 60	mayor de 60

* Condicionada a los otros factores.

Factores y parámetros para la clasificación de tierras según su capacidad de uso. (Uso potencial)

Cuadro 3-2.



ANEXO VI:

UNIDADES CARTOGRÁFICAS HOMOGÉNEAS

A.MODELO ALES, 1ª PRUEBA



Temperatura	Pendiente	Uso actual	Precipitación	Código	Prueba 1	
					Trigo	Maíz
20 - 25 °C	2 - 10 %	Forestal	400 - 500 mm	LRA	Apto	No apto
15 - 20 °C	10 - 25 %	Forestal	400 - 500 mm	LRB	Apto	No apto
20 - 25 °C	10 - 25 %	Forestal	400 - 500 mm	LRC	Apto	No apto
15 - 20 °C	> 25 %	Forestal	400 - 500 mm	LRD	Apto	No apto
20 - 25 °C	> 25 %	Forestal	400 - 500 mm	LRE	Apto	No apto
15 - 20 °C	0 - 2 %	Forestal	500 - 600 mm	LRF	Apto	Poco apto
15 - 20 °C	2 - 10 %	Forestal	500 - 600 mm	LRK	Apto	Poco apto
20 - 25 °C	2 - 10 %	Forestal	500 - 600 mm	LRL	Apto	Poco apto
15 - 20 °C	10 - 25 %	Forestal	500 - 600 mm	LRN	Apto	Poco apto
20 - 25 °C	10 - 25 %	Forestal	500 - 600 mm	LRM	Apto	Poco apto
15 - 20 °C	> 25 %	Forestal	500 - 600 mm	LRQ	Apto	Poco apto
20 - 25 °C	> 25 %	Forestal	500 - 600 mm	LRT	Apto	Poco apto
15 - 20 °C	0 - 2 %	Agrícola	500 - 600 mm	LRG	Apto	Poco apto
15 - 20 °C	2 - 10 %	Agrícola	500 - 600 mm	LRJ	Apto	Poco apto
15 - 20 °C	10 - 25 %	Agrícola	500 - 600 mm	LRO	No apto	No apto
15 - 20 °C	> 25 %	Agrícola	500 - 600 mm	LRR	No apto	No apto
15 - 20 °C	0 - 2 %	Matorral-Pastizal degradado	500 - 600 mm	LRH	Apto	Poco apto
15 - 20 °C	2 - 10 %	Matorral-Pastizal degradado	500 - 600 mm	LRI	Apto	Poco apto
15 - 20 °C	10 - 25 %	Matorral-Pastizal degradado	500 - 600 mm	LRP	No apto	No apto
15 - 20 °C	> 25 %	Matorral-Pastizal degradado	500 - 600 mm	LRS	No apto	No apto
15 - 20 °C	0 - 2 %	Forestal	600 - 700 mm	LRW	Poco apto	Poco apto
20 - 25 °C	0 - 2 %	Forestal	600 - 700 mm	LRU	Poco apto	Poco apto

Tabla AN-8: Unidades cartográficas homogéneas, modelo ALES, 1ª prueba



Temperatura	Pendiente	Uso actual	Precipitación	Código	Prueba 1	
					Trigo	Maíz
15 - 20 °C	2 - 10 %	Forestal	600 - 700 mm	LRAA	Poco apto	Poco apto
20 - 25 °C	2 - 10 %	Forestal	600 - 700 mm	LRAB	Poco apto	Poco apto
15 - 20 °C	10 - 25 %	Forestal	600 - 700 mm	LRAD	Poco apto	Poco apto
20 - 25 °C	10 - 25 %	Forestal	600 - 700 mm	LRAC	Poco apto	Poco apto
15 - 20 °C	> 25 %	Forestal	600 - 700 mm	LRAI	Poco apto	No apto
20 - 25 °C	> 25 %	Forestal	600 - 700 mm	LRAJ	Poco apto	Poco apto
15 - 20 °C	0 - 2 %	Agrícola	600 - 700 mm	LRV	Poco apto	Poco apto
15 - 20 °C	2 - 10 %	Agrícola	600 - 700 mm	LRZ	Poco apto	Poco apto
15 - 20 °C	10 - 25 %	Agrícola	600 - 700 mm	LRAE	No apto	No apto
15 - 20 °C	> 25 %	Agrícola	600 - 700 mm	LRAH	No apto	No apto
15 - 20 °C	0 - 2 %	Matorral-Pastizal degradado	600 - 700 mm	LRX	Poco apto	Poco apto
15 - 20 °C	2 - 10 %	Matorral-Pastizal degradado	600 - 700 mm	LRY	Poco apto	Poco apto
15 - 20 °C	10 - 25 %	Matorral-Pastizal degradado	600 - 700 mm	LRAF	No apto	No apto
15 - 20 °C	> 25 %	Matorral-Pastizal degradado	600 - 700 mm	LRAG	No apto	No apto
15 - 20 °C	2 - 10 %	Forestal	400 - 500 mm	LLB	Poco apto	No apto
20 - 25 °C	10 - 25 %	Forestal	400 - 500 mm	LLE	Poco apto	No apto
15 - 20 °C	10 - 25 %	Forestal	400 - 500 mm	LLC	Poco apto	No apto
20 - 25 °C	> 25 %	Forestal	400 - 500 mm	LLF	Poco apto	No apto
15 - 20 °C	> 25 %	Forestal	400 - 500 mm	LLG	Poco apto	No apto
15 - 20 °C	10 - 25 %	Matorral-Pastizal degradado	400 - 500 mm	LLD	Poco apto	No apto
15 - 20 °C	0 - 2 %	Forestal	500 - 600 mm	LLH	Poco apto	Poco apto
20 - 25 °C	2 - 10 %	Forestal	500 - 600 mm	LLA	Poco apto	No apto

Tabla AN-8: Unidades cartográficas homogéneas, modelo ALES, 1ª prueba



Temperatura	Pendiente	Uso actual	Precipitación	Código	Prueba 1	
					Trigo	Maíz
15 - 20 °C	2 - 10 %	Forestal	500 - 600 mm	LLL	Poco apto	Poco apto
20 - 25 °C	10 - 25 %	Forestal	500 - 600 mm	LLN	Poco apto	No apto
15 - 20 °C	10 - 25 %	Forestal	500 - 600 mm	LLP	Poco apto	Poco apto
20 - 25 °C	> 25 %	Forestal	500 - 600 mm	LLU	Poco apto	No apto
15 - 20 °C	> 25 %	Forestal	500 - 600 mm	LLT	Poco apto	Poco apto
15 - 20 °C	0 - 2 %	Agrícola	500 - 600 mm	LLI	Poco apto	Poco apto
15 - 20 °C	2 - 10 %	Agrícola	500 - 600 mm	LLM	Poco apto	Poco apto
15 - 20 °C	10 - 25 %	Agrícola	500 - 600 mm	LLO	No apto	No apto
15 - 20 °C	> 25 %	Agrícola	500 - 600 mm	LLS	No apto	No apto
15 - 20 °C	0 - 2 %	Matorral-Pastizal degradado	500 - 600 mm	LLJ	Poco apto	Poco apto
15 - 20 °C	2 - 10 %	Matorral-Pastizal degradado	500 - 600 mm	LLK	Poco apto	Poco apto
15 - 20 °C	10 - 25 %	Matorral-Pastizal degradado	500 - 600 mm	LLQ	No apto	No apto
15 - 20 °C	> 25 %	Matorral-Pastizal degradado	500 - 600 mm	LLR	No apto	No apto
15 - 20 °C	0 - 2 %	Forestal	600 - 700 mm	LLV	Poco apto	No apto
15 - 20 °C	2 - 10 %	Forestal	600 - 700 mm	LLY	Poco apto	No apto
15 - 20 °C	10 - 25 %	Forestal	600 - 700 mm	LLAB	Poco apto	No apto
15 - 20 °C	> 25 %	Forestal	600 - 700 mm	LLAD	Poco apto	No apto
15 - 20 °C	2 - 10 %	Agrícola	600 - 700 mm	LLZ	Poco apto	No apto
15 - 20 °C	10 - 25 %	Agrícola	600 - 700 mm	LLAA	No apto	No apto
15 - 20 °C	> 25 %	Agrícola	600 - 700 mm	LLAE	No apto	No apto
15 - 20 °C	0 - 2 %	Matorral-Pastizal degradado	600 - 700 mm	LLW	Poco apto	No apto
15 - 20 °C	2 - 10 %	Matorral-Pastizal degradado	600 - 700 mm	LLX	Poco apto	No apto

Tabla AN-8: Unidades cartográficas homogéneas, modelo ALES, 1ª prueba



Temperatura	Pendiente	Uso actual	Precipitación	Código	Prueba 1	
					Trigo	Maíz
15 - 20 °C	10 - 25 %	Matorral-Pastizal degradado	600 - 700 mm	LLAC	No apto	No apto
15 - 20 °C	> 25 %	Matorral-Pastizal degradado	600 - 700 mm	LLAF	No apto	No apto
15 - 20 °C	0 - 2 %	Forestal	500 - 600 mm	FB	Poco apto	Poco apto
15 - 20 °C	2 - 10 %	Forestal	500 - 600 mm	FG	Poco apto	Poco apto
15 - 20 °C	10 - 25 %	Forestal	500 - 600 mm	FH	Poco apto	Poco apto
15 - 20 °C	> 25 %	Forestal	500 - 600 mm	FL	Poco apto	Poco apto
15 - 20 °C	0 - 2 %	Agrícola	500 - 600 mm	FA	Poco apto	Poco apto
15 - 20 °C	2 - 10 %	Agrícola	500 - 600 mm	FE	Poco apto	Poco apto
15 - 20 °C	10 - 25 %	Agrícola	500 - 600 mm	FI	No apto	No apto
15 - 20 °C	> 25 %	Agrícola	500 - 600 mm	FK	No apto	No apto
15 - 20 °C	0 - 2 %	Matorral-Pastizal degradado	500 - 600 mm	FC	Poco apto	Poco apto
15 - 20 °C	2 - 10 %	Matorral-Pastizal degradado	500 - 600 mm	FD	Poco apto	Poco apto
15 - 20 °C	10 - 25 %	Matorral-Pastizal degradado	500 - 600 mm	FJ	No apto	No apto
15 - 20 °C	2 - 10 %	Forestal	600 - 700 mm	FN	Poco apto	Poco apto
15 - 20 °C	0 - 2 %	Agrícola	600 - 700 mm	FM	Poco apto	Poco apto
15 - 20 °C	2 - 10 %	Agrícola	600 - 700 mm	FO	Poco apto	Poco apto
15 - 20 °C	10 - 25 %	Agrícola	600 - 700 mm	FR	No apto	No apto
15 - 20 °C	> 25 %	Agrícola	600 - 700 mm	FS	No apto	No apto
15 - 20 °C	2 - 10 %	Matorral-Pastizal degradado	600 - 700 mm	FP	Poco apto	Poco apto
15 - 20 °C	10 - 25 %	Matorral-Pastizal degradado	600 - 700 mm	FQ	No apto	No apto
15 - 20 °C	2 - 10 %	Matorral-Pastizal degradado	500 - 600 mm	TA	Apto	Poco apto
15 - 20 °C	10 - 25 %	Matorral-Pastizal degradado	500 - 600 mm	TB	No apto	No apto

Tabla AN-8: Unidades cartográficas homogéneas, modelo ALES, 1ª prueba



Temperatura	Pendiente	Uso actual	Precipitación	Código	Prueba 1	
					Trigo	Maíz
15 - 20 °C	> 25 %	Matorral-Pastizal degradado	500 - 600 mm	TC	No apto	No apto
16 - 20 °C	0 - 2 %	Forestal	500 - 600 mm	TG	Poco apto	Poco apto
15 - 20 °C	2 - 10 %	Forestal	500 - 600 mm	TH	Poco apto	Poco apto
15 - 20 °C	10 - 25 %	Forestal	500 - 600 mm	TL	Poco apto	Poco apto
15 - 20 °C	0 - 2 %	Agrícola	500 - 600 mm	TE	Poco apto	Poco apto
15 - 20 °C	2 - 10 %	Agrícola	600 - 700 mm	TI	Poco apto	Poco apto
15 - 20 °C	0 - 2 %	Matorral-Pastizal degradado	600 - 700 mm	TF	Poco apto	Poco apto
15 - 20 °C	2 - 10 %	Matorral-Pastizal degradado	600 - 700 mm	TJ	Poco apto	Poco apto
15 - 20 °C	10 - 25 %	Matorral-Pastizal degradado	600 - 700 mm	TK	No apto	No apto
15 - 20 °C	> 25 %	Matorral-Pastizal degradado	600 - 700 mm	TD	No apto	No apto
15 - 20 °C	10 - 25 %	Forestal	500 - 600 mm	CE	Poco apto	Poco apto
15 - 20 °C	> 25 %	Forestal	500 - 600 mm	CJ	Poco apto	Poco apto
15 - 20 °C	0 - 2 %	Agrícola	500 - 600 mm	CA	Poco apto	Poco apto
15 - 20 °C	2 - 10 %	Agrícola	500 - 600 mm	CD	Poco apto	Poco apto
15 - 20 °C	10 - 25 %	Agrícola	500 - 600 mm	CF	No apto	No apto
15 - 20 °C	> 25 %	Agrícola	500 - 600 mm	CI	No apto	No apto
15 - 20 °C	0 - 2 %	Matorral-Pastizal degradado	500 - 600 mm	CB	Poco apto	Poco apto
15 - 20 °C	2 - 10 %	Matorral-Pastizal degradado	500 - 600 mm	CC	Poco apto	Poco apto
15 - 20 °C	10 - 25 %	Matorral-Pastizal degradado	500 - 600 mm	CG	No apto	No apto
15 - 20 °C	> 25 %	Matorral-Pastizal degradado	500 - 600 mm	CH	No apto	No apto
20 - 25 °C	0 - 2 %	Forestal	500 - 600 mm	RG	Apto	Apto
20 - 25 °C	2 - 10 %	Forestal	500 - 600 mm	RF	Apto	Apto

Tabla AN-8: Unidades cartográficas homogéneas, modelo ALES, 1ª prueba



Temperatura	Pendiente	Uso actual	Precipitación	Código	Prueba 1	
					Trigo	Maíz
15 - 20 °C	10 - 25 %	Forestal	500 - 600 mm	RM	Apto	Apto
20 - 25 °C	10 - 25 %	Forestal	500 - 600 mm	RL	Apto	Apto
15 - 20 °C	> 25 %	Forestal	500 - 600 mm	RR	Apto	Apto
20 - 25 °C	> 25 %	Forestal	500 - 600 mm	RS	Apto	Apto
20 - 25 °C	0 - 2 %	Agrícola	500 - 600 mm	RH	Apto	Apto
15 - 20 °C	2 - 10 %	Agrícola	500 - 600 mm	RB	Apto	Apto
20 - 25 °C	2 - 10 %	Agrícola	500 - 600 mm	RE	Apto	Apto
15 - 20 °C	10 - 25 %	Agrícola	500 - 600 mm	RN	No apto	No apto
20 - 25 °C	10 - 25 %	Agrícola	500 - 600 mm	RK	No apto	No apto
15 - 20 °C	> 25 %	Agrícola	500 - 600 mm	RQ	No apto	No apto
20 - 25 °C	> 25 %	Agrícola	500 - 600 mm	RT	No apto	No apto
15 - 20 °C	0 - 2 %	Matorral-Pastizal degradado	500 - 600 mm	RA	Apto	Apto
20 - 25 °C	0 - 2 %	Matorral-Pastizal degradado	500 - 600 mm	RI	Apto	Apto
15 - 20 °C	2 - 10 %	Matorral-Pastizal degradado	500 - 600 mm	RC	Apto	Apto
20 - 25 °C	2 - 10 %	Matorral-Pastizal degradado	500 - 600 mm	RD	Apto	Poco apto
15 - 20 °C	10 - 25 %	Matorral-Pastizal degradado	500 - 600 mm	RO	No apto	No apto
20 - 25 °C	10 - 25 %	Matorral-Pastizal degradado	500 - 600 mm	RJ	No apto	No apto
15 - 20 °C	> 25 %	Matorral-Pastizal degradado	500 - 600 mm	RP	No apto	No apto
15 - 20 °C	0 - 2 %	Forestal	500 - 600 mm	LB	Poco apto	Poco apto
20 - 25 °C	0 - 2 %	Forestal	500 - 600 mm	LC	Poco apto	Apto
15 - 20 °C	2 - 10 %	Forestal	500 - 600 mm	LG	Poco apto	Poco apto
20 - 25 °C	2 - 10 %	Forestal	500 - 600 mm	LF	Poco apto	Apto

Tabla AN-8: Unidades cartográficas homogéneas, modelo ALES, 1ª prueba



Temperatura	Pendiente	Uso actual	Precipitación	Código	Prueba 1	
					Trigo	Maíz
15 - 20 °C	10 - 25 %	Forestal	500 - 600 mm	LJ	Poco apto	Poco apto
20 - 25 °C	10 - 25 %	Forestal	500 - 600 mm	LK	Poco apto	Apto
15 - 20 °C	> 25 %	Forestal	500 - 600 mm	LO	Poco apto	Poco apto
20 - 25 °C	> 25 %	Forestal	500 - 600 mm	LN	Poco apto	Apto
15 - 20 °C	0 - 2 %	Agrícola	500 - 600 mm	LA	Poco apto	Poco apto
20 - 25 °C	0 - 2 %	Agrícola	500 - 600 mm	LD	Poco apto	Apto
15 - 20 °C	2 - 10 %	Agrícola	500 - 600 mm	LH	Poco apto	Poco apto
20 - 25 °C	2 - 10 %	Agrícola	500 - 600 mm	LE	Poco apto	Apto
15 - 20 °C	10 - 25 %	Agrícola	500 - 600 mm	LI	No apto	No apto
20 - 25 °C	10 - 25 %	Agrícola	500 - 600 mm	LL	No apto	No apto
15 - 20 °C	> 25 %	Agrícola	500 - 600 mm	LP	No apto	No apto
20 - 25 °C	> 25 %	Agrícola	500 - 600 mm	LM	No apto	No apto
20 - 25 °C	2 - 10 %	Matorral-Pastizal degradado	500 - 600 mm	LQ	Poco apto	Apto
15 - 20 °C	0 - 2 %	Forestal	600 - 700 mm	LS	Poco apto	Poco apto
15 - 20 °C	2 - 10 %	Forestal	600 - 700 mm	LT	Poco apto	Poco apto
20 - 25 °C	2 - 10 %	Forestal	600 - 700 mm	LV	Poco apto	Poco apto
15 - 20 °C	10 - 25 %	Forestal	600 - 700 mm	LAA	Poco apto	Poco apto
20 - 25 °C	10 - 25 %	Forestal	600 - 700 mm	LZ	Poco apto	Poco apto
15 - 20 °C	> 25 %	Forestal	600 - 700 mm	LAD	Poco apto	Poco apto
20 - 25 °C	> 25 %	Forestal	600 - 700 mm	LAE	Poco apto	Poco apto
15 - 20 °C	0 - 2 %	Agrícola	600 - 700 mm	LR	Poco apto	Poco apto
20 - 25 °C	0 - 2 %	Agrícola	600 - 700 mm	LX	Poco apto	Poco apto

Tabla AN-8: Unidades cartográficas homogéneas, modelo ALES, 1ª prueba



Temperatura	Pendiente	Uso actual	Precipitación	Código	Prueba 1	
					Trigo	Maíz
15 - 20 °C	2 - 10 %	Agrícola	600 - 700 mm	LU	Poco apto	Poco apto
20 - 25 °C	2 - 10 %	Agrícola	600 - 700 mm	LW	Poco apto	Poco apto
15 - 20 °C	10 - 25 %	Agrícola	600 - 700 mm	LAB	No apto	No apto
20 - 25 °C	10 - 25 %	Agrícola	600 - 700 mm	LY	No apto	No apto
15 - 20 °C	> 25 %	Agrícola	600 - 700 mm	LAC	No apto	No apto
20 - 25 °C	> 25 %	Agrícola	600 - 700 mm	LAF	No apto	No apto
15 - 20 °C	0 - 2 %	Agrícola	500 - 600 mm	M5A	Muy apto	Poco apto
15 - 20 °C	2 - 10 %	Agrícola	500 - 600 mm	M5D	Apto	Poco apto
15 - 20 °C	10 - 25 %	Agrícola	500 - 600 mm	M5E	No apto	No apto
15 - 20 °C	0 - 2 %	Matorral-Pastizal degradado	500 - 600 mm	M5B	Apto	Poco apto
15 - 20 °C	2 - 10 %	Matorral-Pastizal degradado	500 - 600 mm	M5C	Apto	Poco apto
15 - 20 °C	10 - 25 %	Matorral-Pastizal degradado	500 - 600 mm	M5F	No apto	No apto
15 - 20 °C	> 25 %	Matorral-Pastizal degradado	500 - 600 mm	M5G	No apto	No apto
15 - 20 °C	0 - 2 %	Agrícola	500 - 600 mm	M6A	Apto	Poco apto
15 - 20 °C	2 - 10 %	Agrícola	500 - 600 mm	M6B	Apto	Poco apto
15 - 20 °C	10 - 25 %	Agrícola	500 - 600 mm	M6C	No apto	No apto
15 - 20 °C	> 25 %	Agrícola	500 - 600 mm	M6D	No apto	No apto
15 - 20 °C	2 - 10 %	Matorral-Pastizal degradado	500 - 600 mm	M6F	Apto	Poco apto
15 - 20 °C	10 - 25 %	Matorral-Pastizal degradado	500 - 600 mm	M6G	No apto	No apto
15 - 20 °C	> 25 %	Matorral-Pastizal degradado	500 - 600 mm	M6E	No apto	No apto
15 - 20 °C	10 - 25 %	Forestal	500 - 600 mm	M8C	Apto	Poco apto
15 - 20 °C	0 - 2 %	Matorral-Pastizal degradado	500 - 600 mm	M8A	Apto	Poco apto

Tabla AN-8: Unidades cartográficas homogéneas, modelo ALES, 1ª prueba



Temperatura	Pendiente	Uso actual	Precipitación	Código	Prueba 1	
					Trigo	Maíz
15 - 20 °C	2 - 10 %	Matorral-Pastizal degradado	500 - 600 mm	M8B	Apto	Poco apto
15 - 20 °C	10 - 25 %	Matorral-Pastizal degradado	500 - 600 mm	M8D	No apto	No apto
15 - 20 °C	> 25 %	Matorral-Pastizal degradado	500 - 600 mm	M8E	No apto	No apto
15 - 20 °C	0 - 2 %	Matorral-Pastizal degradado	600 - 700 mm	M8H	Poco apto	Poco apto
15 - 20 °C	2 - 10 %	Matorral-Pastizal degradado	600 - 700 mm	M8I	Poco apto	Poco apto
15 - 20 °C	10 - 25 %	Matorral-Pastizal degradado	600 - 700 mm	M8G	No apto	No apto
15 - 20 °C	> 25 %	Matorral-Pastizal degradado	600 - 700 mm	M8F	No apto	No apto

Tabla AN- 8: Unidades cartográficas homogéneas, modelo ALES, 1ª prueba



ANEXO VI:

UNIDADES CARTOGRÁFICAS HOMOGÉNEAS

B.MODELO ALES, 2ª PRUEBA



Unidades de suelo	Temperatura	Pendiente	Precipitación	Código	Prueba 2, definitiva	
					Trigo	Maíz
Leptosol réndzico	20 - 25 °C	2 - 10 %	400 - 500 mm	LRA	Apto	No apto
Leptosol réndzico	15 - 20 °C	10 - 25 %	400 - 500 mm	LRE	Apto	No apto
Leptosol réndzico	20 - 25 °C	10 - 25 %	400 - 500 mm	LRB	Apto	No apto
Leptosol réndzico	15 - 20 °C	> 25 %	400 - 500 mm	LRD	No apto	No apto
Leptosol réndzico	20 - 25 °C	> 25 %	400 - 500 mm	LRC	No apto	No apto
Leptosol réndzico	15 - 20 °C	0 - 2 %	500 - 600 mm	LRG	Muy apto	Poco apto
Leptosol réndzico	15 - 20 °C	2 - 10 %	500 - 600 mm	LRH	Apto	Poco apto
Leptosol réndzico	20 - 25 °C	2 - 10 %	500 - 600 mm	LRI	Apto	Poco apto
Leptosol réndzico	15 - 20 °C	10 - 25 %	500 - 600 mm	LRF	No apto	No apto
Leptosol réndzico	20 - 25 °C	10 - 25 %	500 - 600 mm	LRJ	No apto	No apto
Leptosol réndzico	15 - 20 °C	> 25 %	500 - 600 mm	LRL	No apto	No apto
Leptosol réndzico	20 - 25 °C	> 25 %	500 - 600 mm	LRK	No apto	No apto
Leptosol réndzico	15 - 20 °C	0 - 2 %	600 - 700 mm	LRM	Poco apto	Apto
Leptosol réndzico	20 - 25 °C	0 - 2 %	600 - 700 mm	LRN	Poco apto	Apto
Leptosol réndzico	15 - 20 °C	2 - 10 %	600 - 700 mm	LRO	Poco apto	Apto
Leptosol réndzico	20 - 25 °C	2 - 10 %	600 - 700 mm	LRP	Poco apto	Apto
Leptosol réndzico	15 - 20 °C	10 - 25 %	600 - 700 mm	LRQ	No apto	No apto
Leptosol réndzico	20 - 25 °C	10 - 25 %	600 - 700 mm	LRR	No apto	No apto
Leptosol réndzico	15 - 20 °C	> 25 %	600 - 700 mm	LRS	No apto	No apto
Leptosol réndzico	20 - 25 °C	> 25 %	600 - 700 mm	LRT	No apto	No apto
Leptosol lítico	15 - 20 °C	2 - 10 %	400 - 500 mm	LLA	Poco apto	No apto

Tabla AN-9: Unidades cartográficas homogéneas, modelo ALES, 2ª PRUEBA



Unidades de suelo	Temperatura	Pendiente	Precipitación	Código	Prueba 2, definitiva	
					Trigo	Maíz
Leptosol lítico	15 - 20 °C	10 - 25 %	400 - 500 mm	LLB	Poco apto	No apto
Leptosol lítico	20 - 25 °C	10 - 25 %	400 - 500 mm	LLC	Poco apto	No apto
Leptosol lítico	15 - 20 °C	> 25 %	400 - 500 mm	LLE	No apto	No apto
Leptosol lítico	20 - 25 °C	> 25 %	400 - 500 mm	LLD	No apto	No apto
Leptosol lítico	15 - 20 °C	0 - 2 %	500 - 600 mm	LLF	Poco apto	Poco apto
Leptosol lítico	15 - 20 °C	2 - 10 %	500 - 600 mm	LLG	Poco apto	Poco apto
Leptosol lítico	20 - 25 °C	2 - 10 %	500 - 600 mm	LLH	Poco apto	No apto
Leptosol lítico	15 - 20 °C	10 - 25 %	500 - 600 mm	LLJ	No apto	No apto
Leptosol lítico	20 - 25 °C	10 - 25 %	500 - 600 mm	LLK	No apto	No apto
Leptosol lítico	15 - 20 °C	> 25 %	500 - 600 mm	LLL	No apto	No apto
Leptosol lítico	20 - 25 °C	> 25 %	500 - 600 mm	LLM	No apto	No apto
Leptosol lítico	15 - 20 °C	0 - 2 %	600 - 700 mm	LLN	Poco apto	No apto
Leptosol lítico	15 - 20 °C	2 - 10 %	600 - 700 mm	LLO	Poco apto	No apto
Leptosol lítico	15 - 20 °C	10 - 25 %	600 - 700 mm	LLP	No apto	No apto
Leptosol lítico	15 - 20 °C	> 25 %	600 - 700 mm	LLQ	No apto	No apto
Fluvisol	15 - 20 °C	0 - 2 %	500 - 600 mm	FA	Muy apto	Poco apto
Fluvisol	15 - 20 °C	2 - 10 %	500 - 600 mm	FB	Apto	Poco apto
Fluvisol	15 - 20 °C	10 - 25 %	500 - 600 mm	FC	No apto	No apto
Fluvisol	15 - 20 °C	> 25 %	500 - 600 mm	FD	No apto	No apto
Fluvisol	15 - 20 °C	0 - 2 %	600 - 700 mm	FG	Poco apto	Apto
Fluvisol	15 - 20 °C	2 - 10 %	600 - 700 mm	FH	Poco apto	Apto
Fluvisol	15 - 20 °C	10 - 25 %	600 - 700 mm	FI	No apto	No apto

Tabla AN-9: Unidades cartográficas homogéneas, modelo ALES, 2ª PRUEBA



Unidades de suelo	Temperatura	Pendiente	Precipitación	Código	Prueba 2, definitiva	
					Trigo	Maíz
Fluvisol	15 - 20 °C	> 25 %	600 - 700 mm	FF	No apto	No apto
Regosol léptico	15 - 20 °C	0 - 2 %	500 - 600 mm	RA	Apto	Poco apto
Regosol léptico	20 - 25 °C	0 - 2 %	500 - 600 mm	RB	Apto	Poco apto
Regosol léptico	15 - 20 °C	2 - 10 %	500 - 600 mm	RC	Apto	Poco apto
Regosol léptico	20 - 25 °C	2 - 10 %	500 - 600 mm	RD	Apto	Poco apto
Regosol léptico	15 - 20 °C	10 - 25 %	500 - 600 mm	RE	No apto	No apto
Regosol léptico	20 - 25 °C	10 - 25 %	500 - 600 mm	RF	No apto	No apto
Regosol léptico	15 - 20 °C	> 25 %	500 - 600 mm	RG	No apto	No apto
Regosol léptico	20 - 25 °C	> 25 %	500 - 600 mm	RH	No apto	No apto
Leptosol háplico	15 - 20 °C	2 - 10 %	500 - 600 mm	TB	Apto	Poco apto
Leptosol háplico	15 - 20 °C	10 - 25 %	500 - 600 mm	TD	No apto	No apto
Leptosol háplico	15 - 20 °C	> 25 %	500 - 600 mm	TF	No apto	No apto
Leptosol háplico	15 - 20 °C	0 - 2 %	600 - 700 mm	TA	Poco apto	Apto
Leptosol háplico	15 - 20 °C	2 - 10 %	600 - 700 mm	TC	Poco apto	Apto
Leptosol háplico	15 - 20 °C	10 - 25 %	600 - 700 mm	TE	No apto	No apto
Cambisol léptico	15 - 20 °C	0 - 2 %	500 - 600 mm	CA	Apto	Poco apto
Cambisol léptico	15 - 20 °C	2 - 10 %	500 - 600 mm	CB	Apto	Poco apto
Cambisol léptico	15 - 20 °C	10 - 25 %	500 - 600 mm	CC	No apto	No apto
Cambisol léptico	15 - 20 °C	> 25 %	500 - 600 mm	CD	No apto	No apto
Luvisol	15 - 20 °C	0 - 2 %	500 - 600 mm	LA	Poco apto	Poco apto
Luvisol	20 - 25 °C	0 - 2 %	500 - 600 mm	LB	Poco apto	Muy apto
Luvisol	15 - 20 °C	2 - 10 %	500 - 600 mm	LC	Poco apto	Poco apto

Tabla AN-9: Unidades cartográficas homogéneas, modelo ALES, 2ª PRUEBA



Unidades de suelo	Temperatura	Pendiente	Precipitación	Código	Prueba 2, definitiva	
					Trigo	Maíz
Luvisol	20 - 25 °C	2 - 10 %	500 - 600 mm	LD	Poco apto	Apto
Luvisol	15 - 20 °C	10 - 25 %	500 - 600 mm	LE	No apto	No apto
Luvisol	20 - 25 °C	10 - 25 %	500 - 600 mm	LF	No apto	No apto
Luvisol	15 - 20 °C	> 25 %	500 - 600 mm	LG	No apto	No apto
Luvisol	20 - 25 °C	> 25 %	500 - 600 mm	LH	No apto	No apto
Luvisol	15 - 20 °C	0 - 2 %	600 - 700 mm	LI	Poco apto	Muy apto
Luvisol	20 - 25 °C	0 - 2 %	600 - 700 mm	LJ	Poco apto	Muy apto
Luvisol	15 - 20 °C	2 - 10 %	600 - 700 mm	LK	Poco apto	Muy apto
Luvisol	20 - 25 °C	2 - 10 %	600 - 700 mm	LL	Poco apto	Muy apto
Luvisol	15 - 20 °C	10 - 25 %	600 - 700 mm	LM	No apto	No apto
Luvisol	20 - 25 °C	10 - 25 %	600 - 700 mm	LN	No apto	No apto
Luvisol	15 - 20 °C	> 25 %	600 - 700 mm	LO	No apto	No apto
Luvisol	20 - 25 °C	> 25 %	600 - 700 mm	LP	No apto	No apto
Muestra 5	15 - 20 °C	0 - 2 %	500 - 600 mm	M5A	Muy apto	Poco apto
Muestra 5	15 - 20 °C	2 - 10 %	500 - 600 mm	M5B	Muy apto	Poco apto
Muestra 5	15 - 20 °C	10 - 25 %	500 - 600 mm	M5C	No apto	No apto
Muestra 5	15 - 20 °C	> 25 %	500 - 600 mm	M5D	No apto	No apto
Muestra 6	15 - 20 °C	0 - 2 %	500 - 600 mm	M6A	Apto	Poco apto
Muestra 6	15 - 20 °C	2 - 10 %	500 - 600 mm	M6B	Apto	Poco apto
Muestra 6	15 - 20 °C	10 - 25 %	500 - 600 mm	M6C	No apto	No apto
Muestra 6	15 - 20 °C	> 25 %	500 - 600 mm	M6D	No apto	No apto
Muestra 8	15 - 20 °C	0 - 2 %	500 - 600 mm	M8A	Apto	Poco apto

Tabla AN-9: Unidades cartográficas homogéneas, modelo ALES, 2ª PRUEBA



Unidades de suelo	Temperatura	Pendiente	Precipitación	Código	Prueba 2, definitiva	
					Trigo	Maíz
Muestra 8	15 - 20 °C	2 - 10 %	500 - 600 mm	M8B	Apto	Poco apto
Muestra 8	15 - 20 °C	10 - 25 %	500 - 600 mm	M8C	No apto	No apto
Muestra 8	15 - 20 °C	> 25 %	500 - 600 mm	M8D	No apto	No apto
Muestra 8	15 - 20 °C	0 - 2 %	600 - 700 mm	M8E	Poco apto	Apto
Muestra 8	15 - 20 °C	2 - 10 %	600 - 700 mm	M8F	Poco apto	Apto
Muestra 8	15 - 20 °C	10 - 25 %	600 - 700 mm	M8G	No apto	No apto
Muestra 8	15 - 20 °C	> 25 %	600 - 700 mm	M8H	No apto	No apto

Tabla AN- 9: Unidades cartográficas homogéneas, modelo ALES, 2ª prueba



ANEXO VII:

ESTUDIO PRELIMINAR DEL POTENCIAL DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA DEDICANDO LA SUPERFICIE DE LAS ZONAS EROSIONADAS



Como normal general, a estas latitudes y teniendo en cuenta el ciclo diurno y las condiciones atmosféricas, se puede esperar obtener alrededor de los 30 vatios por metro cuadrado de celda fotovoltaica. (www.ine.gob.mx/descargas/cclimatico/e2008f_mdI_hab.pdf)

Para comprobar si esta norma general se cumple para la región de Coixtlahuaca, se hará el cálculo aproximado del potencial de producción eléctrica a instalar en la región, habiendo de definir primero la eficiencia de una célula solar (η) como el porcentaje de potencia convertida en energía eléctrica de la luz solar total absorbida por un panel, cuando una célula solar está conectada a un circuito eléctrico. Este término se calcula usando la relación del punto de potencia máxima, P_m , dividido entre la luz que llega a la celda irradiancia (E , en W/m^2), bajo condiciones estándar (STC) y el área superficial de la célula solar (A_c en m^2) con ángulo de inclinación óptimo. Matemáticamente se expresa así:

$$\eta = \frac{P_m}{E \cdot A_c} \quad [*] ; \text{ de donde:}$$

[*]:“Las Energías Renovables en México. Potencial, Retos y Oportunidades”, Foro Consultivo Científico Tecnológico. Asociación Nacional de Energía Solar, A.C. 2007. / ocw.unican.es/ciencias-experimentales/fisica-y-tecnologia-energetica/recursos/solar_fotoVoltaica.pdf

Para la región de Oaxaca, el valor medio anual de irradiancia sería de:

$$E = 220 K_w / m^2 \text{ [ver tabla AN-10]}$$

Considerando que los paneles fotovoltaicos actuales tienen una eficiencia típica entre el 12%-25% (<http://www.monografias.com/trabajos-pdf2/disenio-ambiental-vivienda-region-amazonica/disenio-ambiental-vivienda-region-amazonica.pdf>) se estimará la eficiencia de la célula en un valor típico de:

$$\eta = 18\%$$



Sabiendo, además, que el terreno potencial que se podría dedicar a la producción eléctrica fotovoltaica son las zonas más altamente erosionadas, se abarcaría entonces una superficie de 18.407 hectáreas (*capítulo 5 Propuestas de actuación para el distrito de Coixtlahuaca*).

Si de las cuales se estimase que, a priori, se pudiera dedicar por razones topográficas todo aquel terreno llano con una pendiente menor del 2% (Diseño y Optimización de la planta solar fotovoltaica de 3,4 MWp en Fuente Álamo". Proyecto Fin de Carrera. Autor: Pablo Segundo García. Departamento de Ingeniería Eléctrica. Universidad Carlos III de Madrid. 2009.) y por razones técnicas el 90% del espacio disponible a esta tecnología (<http://www.unesa.es/fotovoltaica.htm>), entonces:

$$Ac = 630hc \text{ [tabla AN-10]}$$

Así pues, el potencial de potencia instalada sería de:

$$Pm = \eta.E.Ac$$

$$Pm = 0.18.220W / m^2 .7000000m^2$$

$$Pm = 249480000W \cong 250MW$$

Teniendo en cuenta el número de hectáreas empleadas, esto supone aproximadamente 36 W/m². Por tanto se ajusta a la norma general de 30 W/m². Con esta estimación se podrían satisfacer las necesidades energéticas equivalentes de más de 145.000 familias medias (<http://www.rankingsolar.com/parques-solares>). De hecho al comparar este resultado teórico con otros parques de la zona, vemos que esta es una estimación podría ser conservadora (<http://www.rankingsolar.com/parques-solares>), ya que sólo se ha tenido en cuenta la media anual y pondera los altos valores de irradiancia durante el verano [tabla AN-10]



Insolación global media inclinación a a latitud en México en kWh/m²-Día

Fuentes: Actualización de los Mapas de Irradiación Global solar en la República Mexicana (R. Almanza S., E. Cajjal R., J. Barrientos A. 1997)
Reportes de insolación de México. Southwest Technology Development Institute, NMSU, 1999

Estado	Ciudad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Min	Max	Med
Agascalientes	Agascalientes	4.6	5.2	5.9	6.6	7.2	8.3	8.1	5.9	5.7	5.1	4.8	4.0	4.0	7.2	5.6
Baja California Sur	La Paz	4.4	5.5	6.0	6.6	6.5	6.6	6.3	6.2	5.9	5.8	4.9	4.2	4.2	6.6	5.7
Baja California	Mexicali	4.1	4.4	5.0	5.6	6.6	7.3	7.0	6.1	6.1	5.5	4.5	3.9	3.9	7.3	5.5
Baja California	San Javier	4.2	4.6	5.3	6.2	6.5	7.1	6.4	6.3	6.4	5.1	4.7	3.7	3.7	7.1	5.5
Baja California Sur	S. José del Cabo	5.0	5.6	5.8	5.9	6.9	6.1	5.8	6.2	5.8	5.8	5.2	4.4	4.5	6.3	5.7
Campeche	Campeche	4.8	5.7	6.0	5.3	5.4	4.9	4.9	5.3	5.2	5.4	5.0	4.3	4.4	6.0	5.2
Chiapas	Arriaga	5.1	5.4	5.5	5.9	5.6	5.2	5.9	5.5	5.1	5.3	5.1	4.7	4.7	5.9	5.4
Chiapas	Juan Aldama	4.4	5.1	4.9	4.5	4.5	4.1	4.4	4.5	4.1	4.3	4.4	4.2	4.1	5.1	4.5
Chiapas	San Cristóbal	4.0	4.3	4.5	4.5	4.8	4.7	5.4	5.3	4.6	4.2	3.9	3.7	3.7	5.4	4.5
Chiapas	Tapachula	5.4	4.9	4.8	4.6	4.7	4.7	5.2	5.1	4.6	4.1	4.3	4.1	4.1	5.4	4.7
Chiapas	Tuxtla Gutiérrez	3.8	4.4	4.6	4.8	5.3	5.1	5.4	5.3	4.9	4.4	4.1	3.7	3.7	5.4	4.7
Chihuahua	Chihuahua	5.8	6.4	6.8	6.9	6.9	6.4	6.4	6.5	6.8	6.8	6.0	5.2	5.3	9.9	5.9
Chihuahua	Guachochi	3.3	3.5	3.9	4.4	5.1	5.3	5.4	5.6	5.7	5.1	4.9	4.4	3.3	6.9	6.4
Chihuahua	Cd. Juárez	6.0	7.2	7.3	7.3	6.9	6.5	6.3	6.5	6.8	7.4	6.6	5.9	5.9	7.4	6.7
Coahuila	Piedras Negras	3.1	3.6	4.2	4.5	4.8	6.0	6.7	6.3	4.9	4.1	3.3	2.9	2.9	6.7	4.5
Coahuila	Saltito	3.8	4.2	4.8	5.1	5.6	5.9	5.9	5.6	5.2	4.4	3.6	3.3	3.3	5.9	4.8
Colima	Colima	4.4	5.1	5.3	5.8	6.0	5.2	4.9	5.0	4.6	4.4	3.9	3.9	3.9	6.0	4.9
D.F.	Taobaya	5.4	6.0	6.4	5.9	5.3	5.1	4.5	4.9	4.5	4.8	5.2	5.2	4.5	6.4	5.3
Durango	Durango	4.4	5.4	6.5	7.0	7.5	6.8	6.0	5.6	5.7	5.1	4.8	3.9	3.9	7.5	5.7
Guanajuato	Guanajuato	4.4	5.1	6.1	6.3	6.6	6.0	6.0	5.9	5.8	5.2	4.8	4.6	4.4	6.6	5.6
Guerrero	Acapulco	4.8	5.3	6.1	5.9	5.6	5.1	5.3	5.4	4.9	5.2	5.0	4.7	4.7	6.1	5.3
Guerrero	Agua Blanca	5.8	5.9	6.0	5.8	5.8	5.4	5.6	5.8	5.5	5.6	5.5	5.5	5.4	6.0	5.7
Guerrero	Chilpancingo	4.1	4.5	4.9	5.2	5.2	5.2	5.1	5.1	4.7	4.4	4.1	3.8	3.8	5.2	4.7
Hidalgo	Pachuca	4.6	5.1	5.6	6.8	6.0	5.7	5.9	5.8	5.3	4.9	4.6	4.2	4.2	6.8	5.4
Jalisco	Colotlán	4.6	5.7	6.5	7.5	8.2	6.6	5.8	5.6	5.8	5.3	4.9	4.1	4.1	8.2	5.9
Jalisco	Guadalajara	4.6	5.5	6.3	7.4	7.7	5.9	5.3	5.3	5.2	4.9	4.8	4.0	4.0	7.7	5.6
Jalisco	L. de Moreno	4.5	5.3	6.1	6.7	7.2	6.1	5.8	5.6	5.5	5.0	4.7	4.0	4.0	7.2	5.5
Jalisco	Puerto Vallarta	5.2	5.7	6.0	5.8	5.7	5.5	5.6	5.7	5.5	5.6	5.2	4.7	4.7	6.0	5.5
México	Chapingo	4.5	5.1	5.6	5.8	5.9	5.4	5.2	5.2	5.0	4.7	4.6	3.9	3.9	5.9	5.1
Michoacán	Morelia	4.2	4.9	5.5	5.8	5.9	5.2	5.0	5.1	4.9	4.6	4.3	3.7	3.7	5.9	4.9
Nayarit	Tepic	3.9	4.3	4.8	5.5	6.1	5.3	4.9	5.3	4.4	4.4	4.0	4.8	3.9	6.1	4.8
Nuevo León	Monterrey	3.2	3.6	4.1	4.3	4.8	5.5	6.1	5.6	5.0	3.8	3.3	3.0	3.0	6.1	4.4
Oaxaca	Oaxaca	4.9	5.7	5.8	5.5	6.0	5.4	5.9	5.6	5.0	4.9	4.8	4.4	4.4	6.0	5.3
Oaxaca	Salina Cruz	5.4	6.3	6.6	6.4	6.1	5.0	5.6	5.9	5.2	5.9	5.7	5.2	5.0	6.6	5.8
Puebla	Puebla	4.9	5.5	6.2	6.4	6.1	5.7	5.8	5.8	5.2	5.0	4.7	4.4	4.4	6.4	5.5
Querétaro	Querétaro	5.0	5.7	6.4	6.8	6.9	6.4	6.4	6.4	6.3	5.4	5.0	4.4	4.4	6.9	5.9
Quintana Roo	Chetumal	3.9	4.7	5.4	5.7	5.3	4.7	4.9	5.0	4.5	4.4	4.0	3.7	3.7	5.7	4.7
Quintana Roo	Cozumel	3.9	4.6	5.3	5.7	5.2	4.8	4.9	4.9	4.6	4.4	4.0	3.8	3.8	5.7	4.7
San Luis Potosí	Río Verde	3.6	4.0	4.6	4.9	5.4	5.6	5.8	5.8	5.1	4.3	3.7	3.3	3.3	5.8	4.7
San Luis Potosí	San Luis Potosí	4.3	5.3	5.8	6.4	6.3	6.1	6.4	6.0	5.5	4.7	4.2	3.7	3.7	6.4	5.4
Sinaloa	Cullacán	3.6	4.2	4.8	5.4	6.2	6.2	5.4	5.1	5.2	4.6	4.2	3.4	3.4	6.2	4.9
Sinaloa	Los Mochis	4.9	5.4	5.8	5.9	5.8	5.8	5.3	5.5	5.5	5.8	4.9	4.3	4.3	5.9	5.4
Sinaloa	Mazatlán	3.9	4.8	5.4	5.7	5.7	5.6	4.8	4.9	4.7	5.0	4.5	3.9	3.9	5.7	4.9
Sonora	Ciudad Obregón	5.8	6.4	6.8	6.9	6.9	6.7	6.4	6.5	6.8	7.3	6.0	5.2	5.3	7.26	6.5
Sonora	Guaymas	4.5	5.7	6.5	7.2	7.3	6.8	5.9	5.8	6.3	5.9	5.1	5.6	4.5	7.3	6.0
Sonora	Hermosillo	4.0	4.6	5.4	6.6	6.3	6.6	6.9	6.6	6.7	6.0	4.7	3.9	3.9	6.6	6.0
Tamaulipas	Soto la Marina	3.4	4.2	4.9	4.9	5.1	5.3	5.4	5.4	4.9	4.6	3.7	3.2	3.2	5.4	4.6
Tamaulipas	Tampico	3.3	4.1	4.7	6.4	5.0	4.9	4.9	4.9	4.6	4.6	3.7	3.2	3.2	6.4	4.5
Thaxcala	Thaxcala	4.6	5.1	5.5	5.4	5.6	5.2	5.3	5.2	5.1	4.9	4.7	4.0	4.0	5.6	5.1
Veracruz	Córdoba	3.1	3.3	3.6	3.8	4.1	4.4	4.6	4.5	4.1	3.5	3.1	2.8	2.8	4.6	3.7
Veracruz	Jalapa	3.2	3.5	3.8	4.3	4.6	4.4	4.9	5.0	4.4	3.7	3.3	3.0	3.0	5.0	4.0
Veracruz	Veracruz	3.7	4.5	4.9	5.1	5.1	4.8	4.7	5.1	4.6	4.8	4.1	3.6	3.6	5.1	4.6
Yucatán	Mérida	3.7	4.0	4.6	5.2	5.7	5.5	5.7	5.5	5.0	4.2	3.8	3.4	3.4	5.7	4.7
Yucatán	Progreso	4.1	4.9	5.4	5.5	5.3	5.1	5.3	5.3	5.0	5.0	4.4	4.0	4.0	5.5	4.9
Yucatán	Valladolid	3.7	4.1	3.1	5.4	5.7	5.3	5.4	5.4	4.9	4.2	3.8	3.5	3.1	5.7	4.5
Zacatecas	Zacatecas	4.9	5.7	6.6	7.5	7.8	6.2	6.2	5.9	5.4	4.8	4.8	4.1	4.1	7.8	5.8

Tabla AN- 10: Insolación global media inclinación a latitud en México en KW/m².Día

(http://solar.nmsu.edu/wp_guide/Apen_A.htm)